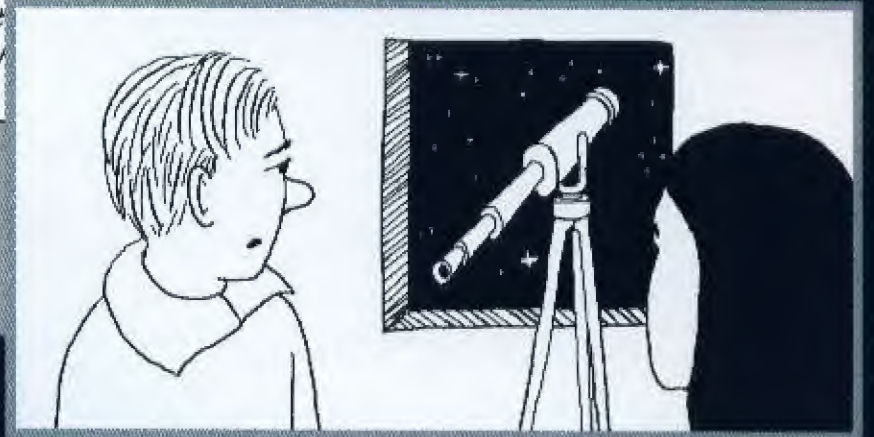


# कथा खगोलशास्त्राची

मूळ लेखन व चित्रे : उदय पाटील  
मराठी अनुवाद : सुनीता खरे



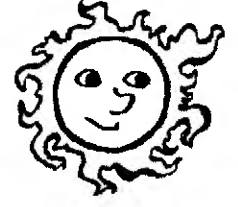
ज्योत्स्ना प्रकाशन

# कथा खगोलशास्त्राची

मूळ लेखन व चित्रे : उदय पाटील

मराठी अनुवाद : सुनीता खरे

ज्योत्स्ना प्रकाशन



मूळ पुस्तक : Story of Astronomy  
Written and illustrated by : Uday Patil

© Any individual or organization is granted the right to translate / publish / distribute this book for non-commercial purposes and under an identical or equivalent copyleft notice. All other rights rest with the original author Uday Patil.  
Author's contact : [www.udayart.com](http://www.udayart.com)

प्रकाशक : मिलिंद ल. परांजपे  
ज्योत्स्ना प्रकाशन, 'धवलगिरी'  
४३०-३१ शनिवार पेठ  
पुणे ४११०३०

मुंबई ऑफिस : मोहन बिल्डिंग  
१६२ ज. शंकरशेट मार्ग,  
गिरगाव, मुंबई ४००००४

मराठी भाषांतर © ज्योत्स्ना प्रकाशन

प्रथमावृत्ती : २०११

मुद्रक :  
युनिक ऑफसेट  
नव्हेगाव, पुणे ४११०४१

ISBN 978-81-7925-269-7

मूल्य पंचाहत्तर रुपये

To Mihir

... the biggest fan of my artwork

## प्रस्तावना

खगोलशास्त्र कशासाठी शिकायचे? या प्रचंड विश्वात अब्जावधी दीर्घिका आणि सूर्यमाला आहेत. संपूर्ण विश्व विचारात घेता, आपली सूर्यमाला आणि आपला सूर्य नगण्यच म्हणावा लागेल. पृथ्वीवरची अनुकूल परिस्थिती जीवन निर्माण करण्यास कारणीभूत ठरली.

सतत शोध घेण्याच्या वृत्तीमुळेच आपले पूर्वज, आपली उपपत्ती आणि या विश्वाच्या प्रचंड पसाऱ्यातले आपले खरे स्थान समजू शकले. आपल्या पूर्वजांपेक्षा या विश्वाबद्दल आपल्याला आज नक्कीच जास्त माहिती आहे. पण तरीही अजून न उलगडलेल्या गोष्टी बऱ्याच आहेत. बरेच प्रश्न अजूनही अनुत्तरितच आहेत.

या छोट्याशा चित्रकथेसारख्या पुस्तकात खगोलशास्त्राच्या इतक्या समृद्ध आणि गुंतागुंतीच्या कथेला न्याय देणे कठीणच होते. म्हणूनच ऐतिहासिक दृष्ट्या महत्वाचे असे काही प्रसंग व घटना मी निवडल्या. मतभिन्नता असणाऱ्या संकल्पना व संदर्भ मी टाळले आहेत. सहज उपलब्ध झालेल्या माहितीचा वापर करून सोप्या शैलीत ही कथा सांगण्याचा मी प्रयत्न केला आहे. काही ठिकाणी माझे लिखाण एकांगी वाटू शकते. परंतु माझा उद्देश तसा नाही.

मला मिळालेल्या सहकार्य व मदतीशिवाय हे पुस्तक पूर्ण होऊ शकले नसते. सर रतन टाटा ट्रस्टच्या आर्थिक साहाय्यासाठी व श्री. अरविंद गुप्तांच्या मार्गदर्शनासाठी मी त्यांचे आभार मानू इच्छितो. पुस्तकाच्या कल्पनेपासून ते छपाईपर्यंत श्री. अरविंद गुप्तांचे मार्गदर्शन मला लाभले. तसेच प्रोफेसर जयंत नारळीकर आणि डॉ. प्रदीप गोठोस्कर यांनी पुस्तकाचे हस्तलिखित काळजीपूर्वक वाचून केलेल्या सूचनांसाठी त्यांचे आभार. पुस्तक पूर्ण करण्याच्या प्रत्येक टप्प्यावर माझ्या उत्साहात सहभागी होणाऱ्या व मला साथ देणाऱ्या पल्लवीचा - माझ्या पत्नीचा उल्लेख मला इथे आवर्जून करावासा वाटतो.

उदय पाटील

## अनुवादिकेचे मनोगत

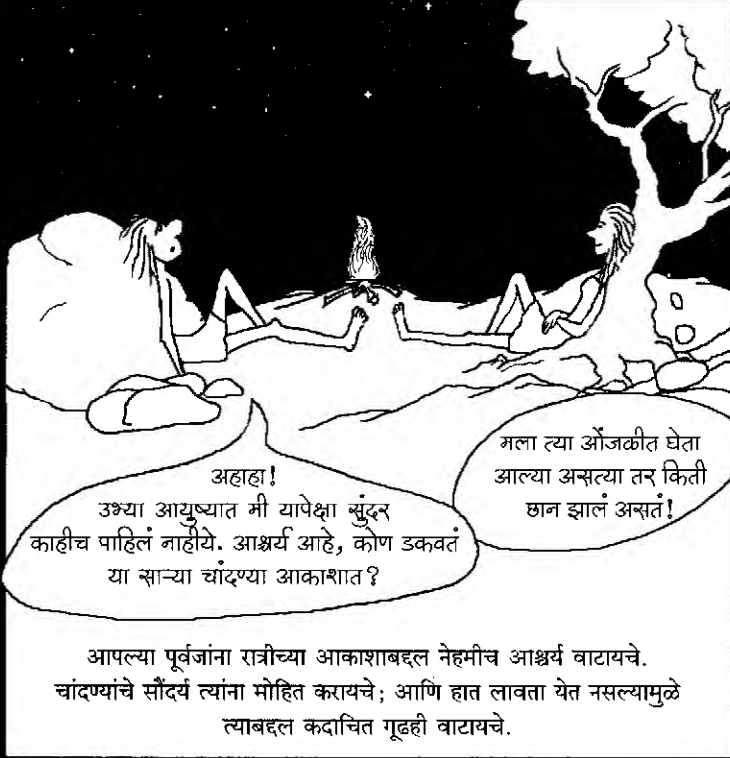
श्री. उदय पाटील यांच्या इंग्रजी पुस्तकाचा अनुवाद मराठीत करण्याचे काम तसे अचानकच माझ्याकडे आले. मला खगोलशास्त्र आवडते आणि मी त्यावरील विविध लेख वाचले आहेत, पुस्तकेही वाचली आहेत, एवढीच खरेतर माझी या विषयातली तयारी. आमच्या 'शास्त्रवाहिनी' या संस्थेत काम करताना मुलांना बऱ्याच गोष्टी मराठीत जास्त चांगल्या समजतात, अगदी ती इंग्रजी शाळेत असली तरी, हे माझ्या लक्षात आले होते. श्री. पाटील यांचे इंग्रजी पुस्तक वाचल्यावर ते मला इतके आवडले की याचे मराठीत भाषांतर झाल्यास खूप जास्त मुलांपर्यंत ते पोहोचेल असे मला वाटू लागले.

योगायोगाने हे पुस्तक श्री. अरविंद गुप्तांकडून श्री. मिलिंद परांजपे यांच्याकडे आले. विज्ञानविषयक पुस्तक म्हटल्यावर परांजपे यांनी श्री. माधव खरे यांना भाषांतरासाठी विचारले आणि त्यांनी माझी आवड लक्षात घेऊन ते माझ्याकडे सोपवले.

हे आव्हानात्मक काम करताना मला अतिशय समाधान झाले. कारण हलक्या-फुलक्या आणि खेळकर शैलीत मांडलेल्या खगोलशास्त्रासारख्या प्रचंड आवाका असलेला विषयाचे भाषांतर करताना माझा खूप अभ्यास झालाच पण मराठी भाषेची शक्तीही नव्याने जाणवली. अनेक इंग्रजी शब्दांना प्रतिशब्द शोधणे, शास्त्रज्ञांच्या नावाचे अचूक उच्चार शोधणे आणि मराठी वाक्यरचना हे मुद्दे मुख्यतः विचारात घ्यावे लागले. त्यातही अवघड काम होते ते मर्यादित जागेत अर्थपूर्ण वाक्य बसवण्याचे. कारण पुस्तकाचे स्वरूप संभाषणात्मक असल्याने तेथे उपलब्ध असलेल्या जागेत वाक्य बसवणे कौशल्याचे काम होते.

या कामामध्ये माझे पती श्री. माधव खरे यांची मला खूप मदत झाली. तसेच श्री. मिलिंद परांजपे यांनीही सतत आणि बारकाईने वाचन करून अनेक शंका उपस्थित केल्याने पुस्तकाचे लेखन जास्तीत जास्त अचूक होण्यासाठी मदत झाली. डॉ. जयंत नारळीकरांच्या 'आकाशाशी जडले नाते' या पुस्तकांची तसेच इतरही अनेक लेखांच्या कात्रणांची मदत हे पुस्तक अनुवादित करताना झाली. मूळ लेखन अतिशय दर्जेदार असल्याने त्याच्या तोडीचा अनुवाद व्हावा यासाठी शक्य तेवढे प्रयत्न मी केले. काही चुका अद्यापही त्यात असू शकतील. तशा सापडल्या तर ती माझी जबाबदारी आहे असे मी मानते. मला त्या कळवल्या तर पुढील आवृत्तीत त्यांची दुरुस्तीही केली जाईल याची खात्री सर्वांना देते आणि हे सन्मानाचे काम माझ्याकडे सोपवल्याबद्दल श्री. अरविंद गुप्ता आणि श्री. मिलिंद परांजपे यांचे मनापासून आभार मानते.

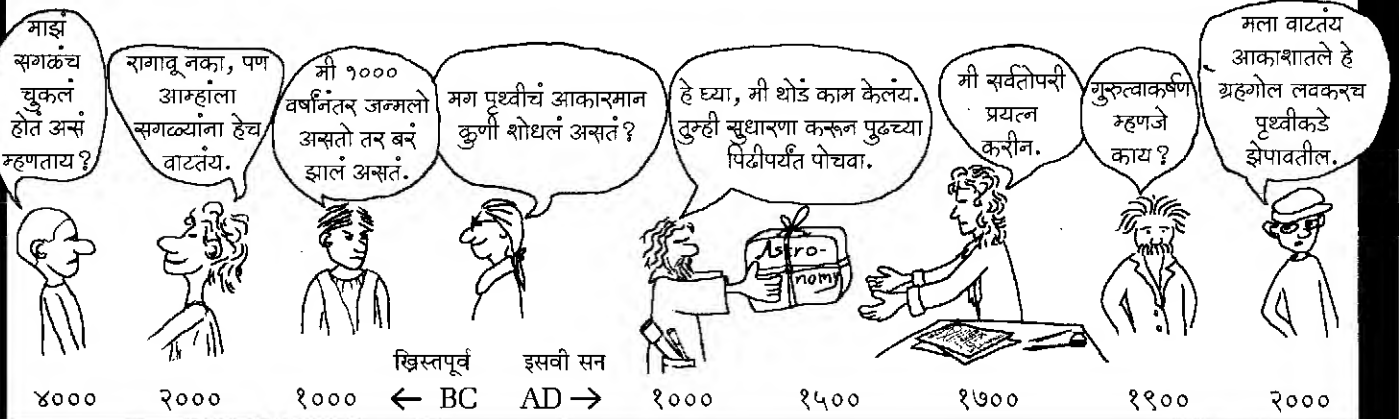
सुनीता खरे



एक मात्र खरंय की १०,००० वर्षांपूर्वी आकाश जसे दिसायचे अगदी तसेच ते आजही दिसते. पण आपल्या पूर्वजांपेक्षा आपल्याला चांदण्यांबद्दल खूपच वेगळी माहिती आहे. खगोलशास्त्राच्या ज्ञानामुळे आकाशाबद्दलचे आपले कुतूहल आणि आश्चर्य वाढले आहे.



आपले आजचे ज्ञान हे एका रात्रीत मिळालेले नसून ते लाखो वर्षांच्या उत्क्रांतीचे फलित आहे.



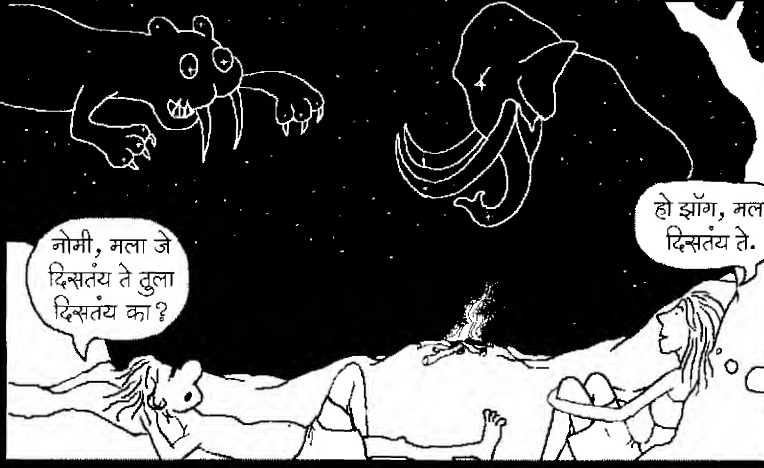
अतिप्राचीन काळापासून सतत शोध घेण्याच्या ऊर्मेनेच खगोलशास्त्राच्या कक्षा संदात गेल्या, त्याची ही कथा.

या विश्वाची आपल्याला खरोखरच किती माहिती आहे? सतत लागणाऱ्या नवनवीन शोधांमुळे आपले ज्ञान वाढतच चालले आहे.



नेहमी असंच असते, जेवढे आपल्याला कळलेलं असतं, त्यापेक्षा कितीतरी अधिक कळायचे बाकी असतं.





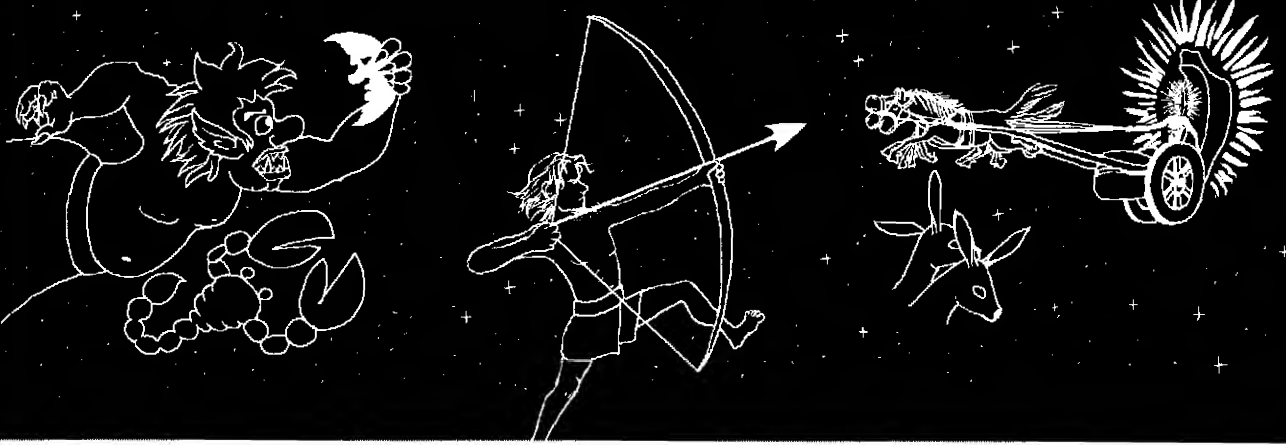
नोमी, मला जे  
दिसतंय ते तुला  
दिसतंय का?

हो झोंग, मला  
दिसतंय ते.

चांदण्यांनी भरलेले रात्रीचे आकाश पाहून आपले पूर्वज भारले जात. त्यांना आश्चर्य वाटे, भीतीही वाटे. आकाशात चांदण्यांची मांडणी वेगवेगळ्या आकारांत दिसे. कधी राक्षसांच्या, कधी माशांच्या, कधी प्राण्यांच्या तर कधी सुंदर स्त्रियांच्या रूपात. मग त्यावर आधारित सुंदर कथा ते रचत.

नियांडरथलला आपण हिमयुगातून बाहेर काढू  
शाकू पण नियांडरथलच्या मनातून आपण  
हिमयुग काढू शकत नाही.

सर्वच संस्कृतींमध्ये सूर्य, चंद्र आणि तारे यांच्यावरील पुराणकथा व लोककथा आढळतात.



भारतीय लोकांना वाटायचे, समुद्रात प्रचंड कासव पोहत आहे. त्याच्या पाठीवर हत्ती उभे आहेत. त्यांनी आपल्या पाठीवर ती सपाट जमीन (पृथ्वी) तोलून धरली आहे. या कासवाने कंटाळून अंग थरथरवले की भूकंप होतात.

ग्रीकांच्या कथा कल्पना वेगळ्या होत्या. टायटन हे पुराणातील शक्तीमान देव. अँटलास-हा एक टायटन योद्धा होता. आकाशाचे छप्पर पृथ्वीवर कोसळू नये म्हणून अँटलासने आकाशाला आधार दिला आहे.

अँटलासने पृथ्वीलाच खांद्यावर धरले आहे हा गैरसमज मात्र अलीकडचा.

अरे! हा काय प्रकार आहे? पृथ्वीला तोलून धरायची जबाबदारी खरी तर माझी आहे!



ए अँटलास,  
इथून चालता  
हो!

अरे देवा!  
तुमचं ते ग्रीक  
पुराण जरा  
तपासून  
बघा!

माझी जागा  
ध्यायचीये कोणाला?  
आनंदाने घ्या!

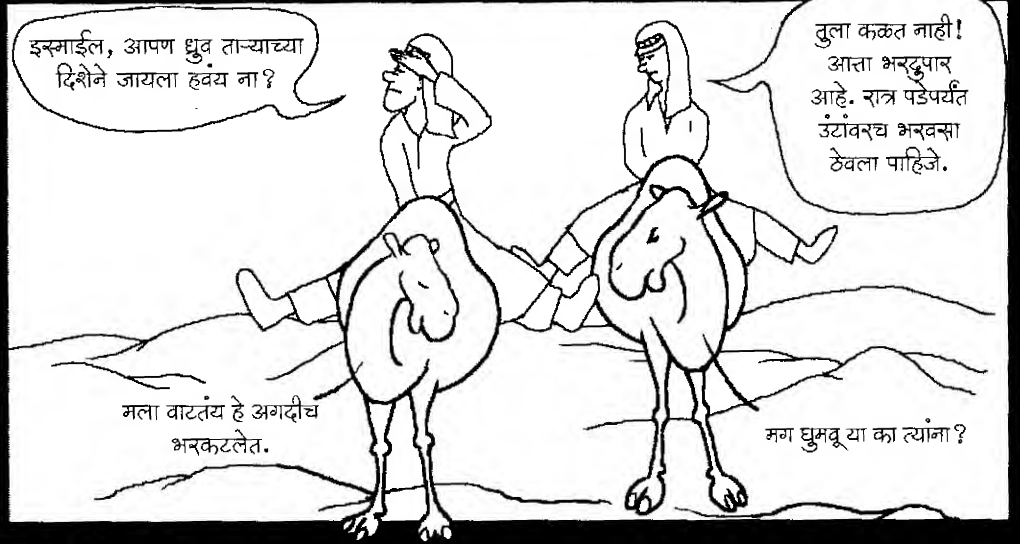
लोकांच्या सुपीक डोक्यातून अनेक दंतकथा जन्म घेत. तो त्यांचा विश्वाला समजूत घेण्याचा एक प्रयत्न होता.

त्यातूनच विश्वाच्या निर्मितीविषयी प्राथमिक कल्पना तयार झाल्या आणि अंतरिक्षशास्त्राचा पाया घातला गेला.



कॅलेंडर, घड्याळे नव्हती तेव्हा  
आकाशातील तारे काळ, वेळ,  
दिशा कळण्यासाठी  
उपयोगी पडायचे.

भटक्या लोकांना आणि  
खलाशांनाही इच्छित स्थळी  
पोहोचण्यासाठी त्यांचा  
उपयोग व्हायचा.

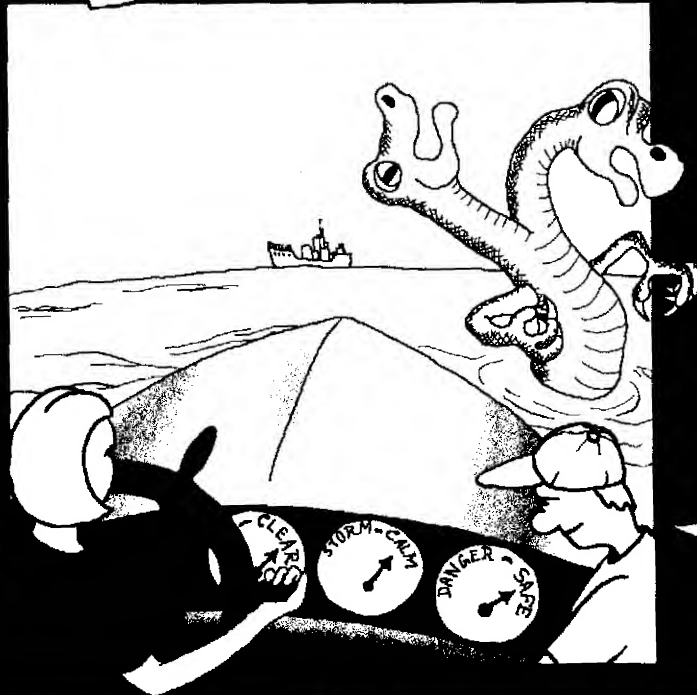


भर समुद्रात दिशा ठरवण्यासाठी, आपले  
स्थान निश्चित करण्यासाठी खलाशांना  
आकाश निरीक्षण उपयोगी पडायचे.  
खगोलशास्त्राच्या प्रगतीमुळे नौकानयन  
शास्त्रात अनेक सुधारणा झाल्या. त्यांना  
ताऱ्यांच्या स्थानानुसार दिशा समजू  
लागल्या; महासागर पार करणे सोपे झाले.



समुद्रात प्रवास करताना खलाशी  
आजही संदर्भासाठी  
ताऱ्यांचा उपयोग करतात.

आधुनिक जहाजे व बोटी मात्र नवे  
तंत्रज्ञान वापरतात. यात उपग्रह,  
रेडिओ लहरी, इलेक्ट्रॉनिक यंत्रणेचा  
समावेश असतो.



सर्वसामान्यांना सूर्य, चंद्र व तारे आकाशात फिरतात इतकेच माहीत होते. काही जिज्ञासू लोकांना मात्र त्यांची ठरावीक मांडणी लक्षात यायची.

तारे कधी एका जागी थांबत नाहीत पण त्यांची मांडणी मात्र ठरावीक असते.



हं, आहे स्वरं; पण उतर दिशेचा तो तारा मात्र जागच्या जागी आहे.

अशा निरीक्षणांच्या आधारे त्यांनी तर्क करायला सुरुवात केली.

आकाशाला तारे चिकटवून ठेवल्यासारखे वाटतात आणि आकाश एखाद्या आसाभोवती संघपणे फिरतंय असं वाटतं.



हो स्वरं! उतरेचा तो तारा त्याचा आस असावा, त्याच्याभोवती आकाश फिरतंय.



इथेच खगोलशास्त्राची सुरुवात झाली.

'उतरेचा तारा' किंवा ध्रुव तारा हा एका जागी स्थिर असल्यामुळे त्याला खगोलशास्त्रात विशेष स्थान प्राप्त झालं. या ध्रुव तार्याभोवती आकाशाचा घुमट गोल फिरत असतो. त्यामुळे 'पोलारिस' किंवा 'ध्रुव-मध्य' हा आकाश निरीक्षणाचा आधारस्तंभ मानला जातो.

भारतीय पुराणकथेत ध्रुव बाळाचे रूपांतर ध्रुव तार्यात झाले असे म्हटले जाते.

एक दिवस पाच वर्षांचा राजपुत्र ध्रुव आपल्या वडलांच्या मांडीवर बसला होता. हे राजाच्या दुसऱ्या, सुंदर पण दुष्ट राणीला बघवले नाही. तिने ध्रुवाला मांडीवरून ढकलून दिले आणि आपल्या मुलाला बसवले.

कार्त्तवीर्य! ही मांडी तुझ्या एकट्याची नाहीये.



दुखावलेला ध्रुव, जिथून त्याला कोणी उडवू शकणार नाही अशा जागेच्या शोधात बाहेर पडला. खूप तपश्चर्येनंतर त्याचे आकाशातल्या स्थिर तार्यात रूपांतर झाले.



सर्व तारे ठरावीक रचनेतच फिरतात का? नाही. सर्व नाही.

अरे, तू तर म्हणालास की सगळ्या तार्यांची ठरावीक मांडणी असते. ती कधीच बदलत नाही. पण तो पलीकडचा तारा मात्र भटकतो.

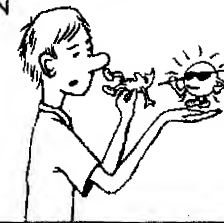


हो स्वरं की! कदाचित तो तारा नसेलच, दुसऱंय काहीतरी असेल.

खरोखरच काही तेजस्वी (प्रखर) तारे त्यांच्या जागा बदलत. ग्रीकांनी त्यांना प्लॅनेट (ग्रह) म्हणजे भटकणारे असे नाव दिले. हे भटके तारे ठरावीक तारकासमूहांमधून फिरताना दिसतात.

चंद्रमुद्धा स्थिर नसतो, तोही वेगवेगळ्या तारकासमूहांत फिरताना आढळतो.

सूर्य व चंद्र हेसुद्धा ग्रह असावेत. कारण तेसुद्धा भटकतात.



सूर्यसुद्धा? हेतू कशावरून म्हणतोयस?

ताऱ्यांसारखे असणारे पाच ग्रह होते त्यांना ग्रीक देवतांची नावे दिली गेली.

मर्क्युरी	व्हीनस	मास	ज्युपिटर	सेटर्न	अरे! आमचं काय मग?
★	★	+	+	+	☀ ☾
बुध	शुक्र	मंगळ	गुरू	शनी	सूर्य चंद्र

सूर्य, चंद्र त्यांच्यात धरले तर ग्रहांची संख्या सात होते.

ताऱ्यांचे हे समूह बरेच  
भराभर हलायचे.  
काही मिनिटांत त्यांची  
हालचाल लक्षात यायची.

पण ग्रहांची गती मात्र  
त्यांच्या तुलनेत  
खूपच कमी होती.

हे ग्रह गोलगायीच्या  
गतीने प्रवास करतात.  
त्यांच्याबद्दल निश्चित  
काही कळेलपर्यंत मी  
मरून जाईन.

स्वतःला  
नशीबवान  
समज, काही  
अंदाज तरी  
आला.



ग्रहांच्या गतीचे  
वारकाईने निरीक्षण  
करण्यासाठी कित्येक  
माहिने लागत. हा  
अभ्यास खूपच  
कंटाळवाणा आणि  
जिकीरीचा होता.

शुक फारच  
वेडावाकडा वागतोय.

त्याच्या वेडेपणातही  
काही नियमितपणा  
असेल.

हरकत नाही,  
निरीक्षण चालू  
ठेवा.

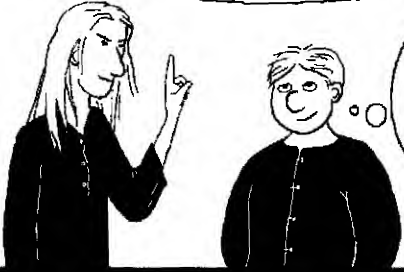


या दीर्घभर निरीक्षणांचे फलित कळायला काही शतकांचा कालावधी लागला.

या सर्व  
अभ्यासातून दोन  
गोष्टी स्पष्ट  
झाल्या.

एक म्हणजे, ग्रह चमत्कारिक किंवा अनियमितपणे  
फिरत नाहीत. त्या फिरण्यात एक ठरावीक  
नियमितपणा असतो. म्हणजे त्यांच्या हालचालीचाही  
अंदाज बांधता येईल.

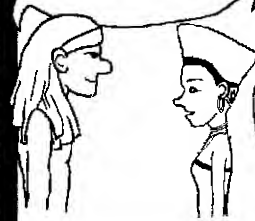
ते कसं हे  
शोधणं  
आता बाकी  
आहे.



दुसरे म्हणजे आकाशातल्या बदलांचा पृथ्वीवर  
परिणाम होतो.

अरे रा! \* तो पहा आकाशात  
व्याध दिसायला लागलाय.  
त्यामुळे आपल्या नाईलला  
पूर येणार!

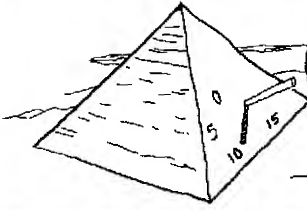
नट शप्पथ! \*\*  
याला व्याधच  
कारणीभूत असेल  
का? माहीत  
नाही, पण  
दोघांचा नक्कीच  
काहीतरी संबंध  
आहे.



\* रा-सूर्य देव, \*\* नट-आकाश देवता.

इजिप्तमधील जीवन  
नाईलच्या वार्षिक  
पुरावर अवलंबून  
असायचे. आकाशात  
सूर्योदयापूर्वी जेव्हा  
व्याधाचा चमकदार  
तारा दिसायला  
लागायचा तेव्हा त्यांना  
कळायचे आता  
लवकरच नाईलला पूर  
येणार आहे.

इजिप्तमधील लोकांच्या  
खगोलशास्त्राच्या  
ज्ञानामुळे ते व्याध परत  
कधी दिसेल हे अचूक  
सांगू शकत.



मी ते अगदी अचूक बनवलंय. त्या खांब्याची  
सावली पिरॅमिडवर कुठे पडते हे पाहून नाईलला  
कधी पूर येऊ शकतो ते सांगता येईल.

नीट केलंयस. खरंच व्यवस्थित  
आहे. तर मग  
आता पाहू या...  
अरे देवा! अजून दहाच  
दिवसांत पूर येणार.

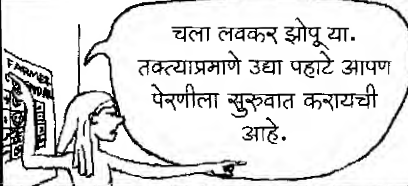


नैसर्गिक घटनांचे पद्धतशीर अनुमान बांधण्यासाठी एखाद्या कालगणना पद्धतीची गरज  
होती. यातूनच दिनदर्शिका जन्म झाला. संपूर्ण आकाशातील तारकासमूहातून  
सूर्याची एक फेरी म्हणजे एक वर्ष. चंद्राच्या सर्व कलांचे एक आवर्तन म्हणजे एक  
माहिना.

सूर्य, चंद्र आणि तारे हजेरी मांडणारे झाले. घड्याळाचे  
काम करू लागले. पृथ्वीभोवतीच्या त्यांच्या दैनिक  
फेरीमुळे दिवसाची वेळ कळायची. तारकासमूहातून  
त्यांच्या फिरण्यामुळे वर्ष कळायचे.

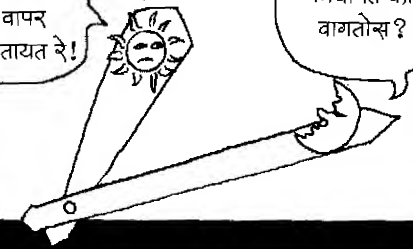
चला लवकर झोपू या.  
तक्त्याप्रमाणे उद्या पहाटे आपण  
पेरणीला सुरुवात करायची  
आहे.

या तक्त्यात कुठे दिलंय का, आमचा  
पगार कधी देणार ते?



लोक माझा  
फारच  
वापर  
करतायत रे!

मग तू असा  
नियमित का  
वागतोस?



काही गूढ स्वभावाची माणसे म्हणत

काय माहीत, उद्या  
हे ग्रह नकी कुठे  
दिसतील ?

बहुतेक ते स्वतःच्या  
मनाप्रमाणे वागत  
असतील.

पृथ्वीवरच्या सजीवांवर त्यांचा  
प्रभाव पडणारच !

इथेच ज्योतिषशास्त्राचा जन्म झाला. ग्रह माणसांच्या जीवनावर प्रभाव टाकतात असा समज लोकांमध्ये पसरला.

ज्योतिषी लोक याचा गैरफायदा घेत...

ग्रहणकालात  
जन्म झाला.  
अरेरे...  
मला त्याच्या  
भविष्यात  
अंधारच  
दिसतोय.

बापरे !

...आणि आपली उपजीविका चालवत.

तुम्हाला थोडा स्वर्च होईल, पण देवाला  
काही नैवेद्य दिला पाहिजे. म्हणजे हे  
संकट टकेल.

मुलाच्या भविष्यासाठी  
ही किंमत काही फार  
मोठी नाही.

आकाशातल्या ग्रह ताऱ्यांचा पृथ्वीवर  
निश्चितच परिणाम दिसायचा.

आज पौर्णिमा आहे. म्हणजे  
मोठी भरली योगार.

पण ज्योतिषी मात्र सर्व गोष्टी फुगवून सांगायचे.

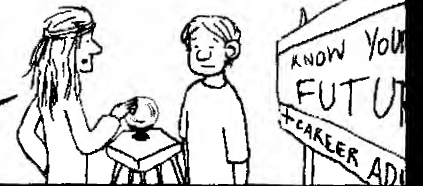
पृथ्वीवरच्या सर्व घटनांवर  
आकाशातल्या ग्रह ताऱ्यांचं  
नियंत्रण असतं.

आणि आमच्यासारखे  
तज्ज्ञच त्यांचा अर्थ लावू  
शकतात.

ज्योतिषशास्त्राचा प्रभाव अजूनही दिपतो. खास करून  
अविकसित देशांत.

भारतात खगोलशास्त्रज्ञांपेक्षा ज्योतिषीच जास्त आहेत.  
ज्योतिषशास्त्राचे पदवी अभ्यासक्रममुद्रा काही विद्यापीठांत  
आहेत.

काय म्हणालात खगोलशास्त्र ? त्यात  
काही भवितव्य नाही. तुम्ही त्यापेक्षा  
ज्योतिषशास्त्राच्या अभ्यासक्रमाला का  
नाही नाव घालत ?



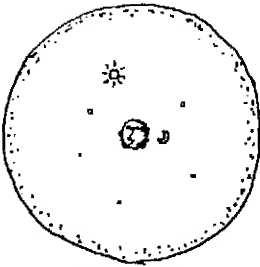
त्याच वेळेला काही माणसे मात्र अशी होती जी आकाशाकडे शास्त्रीय दृष्टिकोनातून बघत.

तारकासमूह आपल्याला विशिष्ट आकृतीबंधात दिसतात पण ग्रह मात्र भटकतात असं का ?



तुला असं म्हणायचंय का, याचंही काही कारण असेल ?

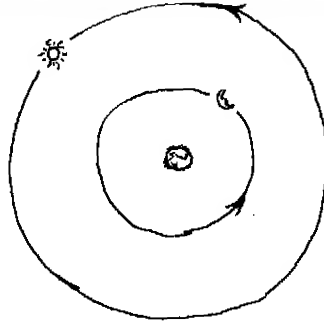
अॅरिस्टॉटलला खगोल विज्ञान ही तत्त्वज्ञानाची एक शाखा वाटायची.



हे विश्व गोल आहे कारण गोल हाच पूर्णपणे निर्दोष आकार आहे.

त्याचं स्वतःचं असं तर्कशास्त्र होतं.

आकाशातल्या वस्तूंचा मार्ग वर्तुळाकार असतो, कारण हाच सर्वात निर्दोष मार्ग आहे.



कदाचित हे त्याचे निर्दोषतेचं वेड असावे !

आधुनिक खगोलशास्त्राच्या उत्क्रांतीचे मूळ आपल्याला थोर ग्रीक तत्त्वज्ञ अॅरिस्टॉटलच्या लिखाणात सापडते.

अॅरिस्टॉटल (ख्रिस्तपूर्व ३८४-३२२)



या तत्त्ववेत्त्याने तत्त्वज्ञानाची व्यापक सूत्रबद्ध पद्धत प्रथम मांडली. राजकारण, नीतिमत्ता, सौंदर्यशास्त्र, पराभौतिकशास्त्र, तर्कशास्त्र आणि विज्ञान अशा विविध विषयांवर त्याने लिखाण केले आहे. तर्कशास्त्राचा औपचारिक अभ्यास त्यानेच प्रथम केला.

त्याच्या विचारांचा धार्मिक चालीरीती व तत्त्वज्ञानावर खूप पगडा होता. अॅरिस्टॉटलचे तत्त्वज्ञान अजूनही अभ्यासले जाते.

इतिहासातील अनेक व्यक्तींवर त्याचा प्रभाव होता. थोर योद्धा अॅलेक्झांडर त्याच्या विद्यार्थ्यांपैकीच एक.

आजिगीतीला अॅरिस्टॉटलचे तत्त्वज्ञान व कल्पना म्हणजे एकाच व्यक्तीने मांडलेली सर्वोत्तम विचारप्रणाली मानली जाते. त्याच्या तत्त्वज्ञानामुळे अनेक संस्कृतींचा बौद्धिक विकास आला. इतर अनेक क्षेत्रांप्रमाणेच त्याच्या कल्पनांचा खगोलशास्त्रावरही मोठा पगडा होता. गोल आणि वर्तुळ यांचे नक्की स्वरूप काय येवढेला जवळजवळ २००० वर्षे लोकांना प्रश्नच पडला नाही.

खगोलशास्त्राच्या प्रगतीसाठी अॅरिस्टॉटलचा विचार तारक ठरला का मारक हे नक्की सांगता येत नाही. मात्र खगोल विज्ञानाच्या अभ्यासाची त्याने मुरु केलेली परंपरा हे त्याचे खरे वांगदान आहे.

विश्वावहलच्या अनेक घटनांना लोक गृहीत धरत. तो मात्र त्यांचे स्पष्टीकरण शोधण्याचा प्रयत्न करत असे.

शास्त्रीय संशोधन चालूच राहिले. चांदण्यांच्या आकृतीबंधांचे नकाशे काळजीपूर्वक तयार केले गेले.

सांगतोयस काय? ही मूर्ख माणसं त्यांच्या जमिनीचे तुकडे पाडून झाल्यावर आता आकाशाचे पण तुकडे पाडणार आहेत?



स्थानिक तारकासमूह म्हणजेच नक्षत्रांनुसार आकाशाचा प्रत्येक भाग ओळखला जायचा.

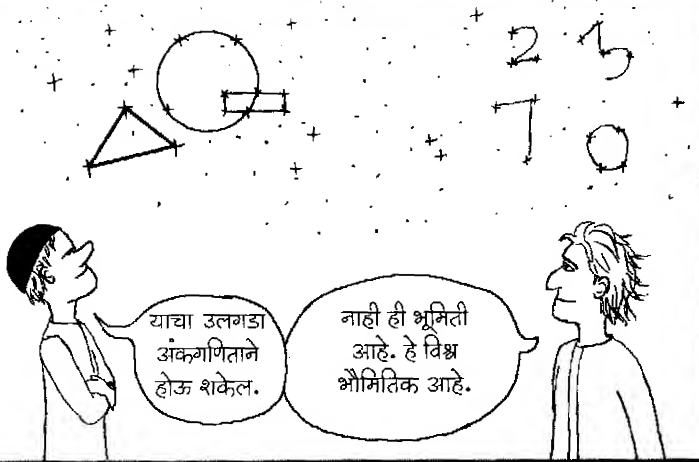
तारकासमूहांच्या नकाशांमुळे ग्रहांचे भ्रमण काटेकोरपणे मोजता येऊ लागले. हे भ्रमण समजून घेणे ही पुढची पायरी होती.

या ग्रहांच्या भटकण्याला आगा पिछा काहीच नाहीये. मला वाटतं हे झपाटलेले आहेत.

हे उगाचच क्लिष्ट होतंय. प्रत्यक्षात त्यांचं भ्रमण नियंत्रित करणारी सोपी तत्वं असतील. आपण त्यांचा शोध घेतला पाहिजे.

ग्रहांच्या गुंतागुंतीच्या भ्रमण पद्धती शोधण्यासाठी खगोलतज्ज्ञ झटू लागले.

ग्रहांच्या गतीचा तर्क बांधण्यासाठी खगोलशास्त्रज्ञांनी गणिताचा वापर केला.

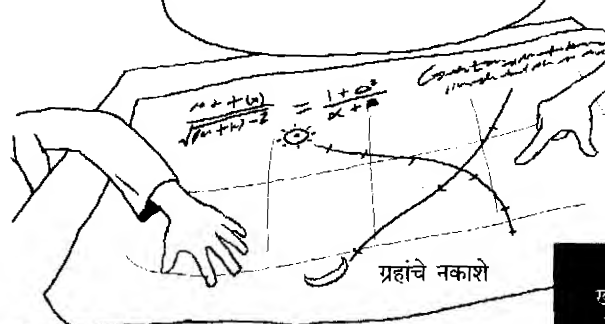


ग्रहांच्या गतींचे स्पष्टीकरण साध्या गणिती रचना वापरून देण्याचा प्रयत्न खगोलशास्त्रज्ञांनी केला. ठरावीक वेळी ग्रहांचे आकाशातले निश्चित स्थान कोणते असेल ते सांगणारी सूत्रे त्यांनी मांडली होती.

अशी पद्धत जर एखाद्या ग्रहाची १०० वर्षांपूर्वीची जागा अचूक सांगू शकत असेल तर भाविण्यात तो ग्रह कोठे असेल हेमुद्दा सांगता यायला हवे.

या रचना पद्धतींचे यश (किंवा अचूकता) त्यामध्ये वापरलेल्या गणिती पद्धतींच्या आधुनिकतेवर अवलंबून होते. इजिप्तमधील रचनांमध्ये पुरातन अंकगणित वापरले होते. त्यामुळे या पद्धती यशस्वी झाल्या नाहीत. बॅबिलोनियन वैज्ञानिकांनी पुष्कळ सुधारणा केली. त्यांनी आधुनिक दशमान पद्धतीसारखी रीत वापरली. त्यांनी १० ऐवजी ६० चा पाया धरला. ही परंपरा अजूनही दिसते. एका तासाची ६० मिनिटे आणि मिनिटाची ६० सेकंद अशी विभागणी आपण आजही करतो.

हे बघ, या नकाशाप्रमाणे पुढच्या महिन्यात मध्यान्हीला सूर्य, चंद्राच्या मार्गाला छेदेल.



तुला कळलं का? त्याचा अर्थ... सूर्यग्रहण!

ग्रहांच्या गतींचे अनुमान बांधता आल्यामुळे खूप फरक पडला. सूर्यग्रहण व चंद्रग्रहण अचानक होत नसून त्यांचे अनुमान बांधणे शक्य असते, हे समजले. धर्मात ग्रहणांना फार महत्त्व असते. साहजिकच धार्मिक कार्यात खगोलशास्त्राचा संबंध आला.

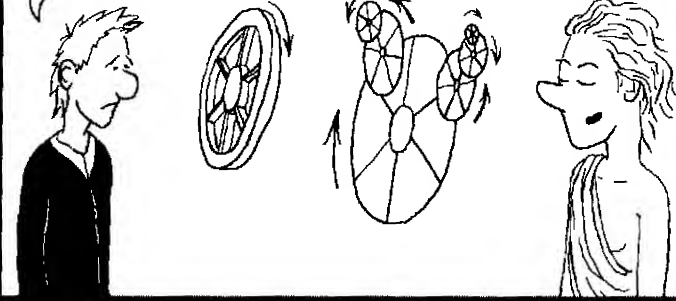
खगोलशास्त्राच्या प्रगतीमध्ये गणिताचा मोठा वाटा होता. तसेच खगोलशास्त्राच्या अभ्यासामुळे गणिताच्या प्रगतीलाही चांगलीच चालना मिळाली.



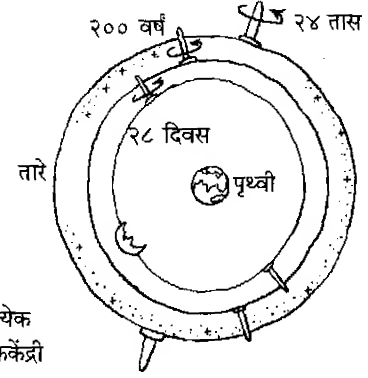
खगोलतज्ज्ञांनी ग्रहगोलांच्या गतीच्या प्राथमिक रचना वर्तुळाकार मानल्या होत्या.

साध्या वर्तुळांनी ग्रहाचे गुंतागुंतीचे भ्रमण कसे समजू शकेल?

आश्चर्य आहे की नाही? साध्या गतीची एकत्रित हालचाल स्वरूप गुंतागुंतीची असू शकते.



प्राथमिक रचना या एककेंद्री गोलावर आधारित होत्या. एखाद्या भोवऱ्याप्रमाणे हे काल्पनिक गोल एका अक्षाभोवती फिरत. एका गोलाचा अक्ष दुसऱ्या गोलामध्ये स्थित (बसवलेला) असे.

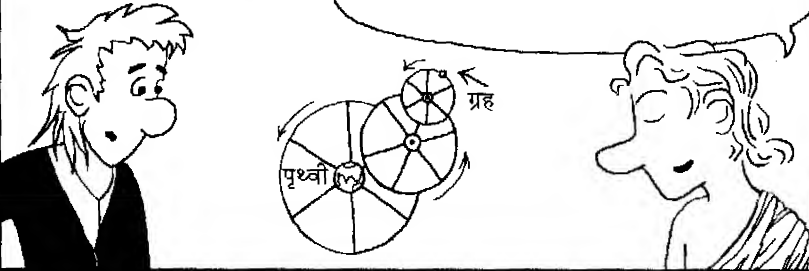


ही गतीची रचना दर्शवण्यासाठी प्रत्येक ग्रहाला अनेक एककेंद्री गोल लागत.

'एपिसायकल' अशीही एक संकल्पना होती. त्यात प्रत्येक ग्रह एका फिरणाऱ्या चाकावर बसवलेला होता. त्या चाकाचे केंद्र दुसऱ्या फिरणाऱ्या कक्षेवर बसवलेले असे. (कदाचित ते चाक आणखी एका फिरणाऱ्या कक्षेला जोडलेले असेल.)

स्वात्रीने यातून गुंतागुंतीची गती निर्माण होईल.

एपिसायकल सुंदर आहेत. संपूर्ण यंत्र गुंतागुंतीचं वाटतंय पण प्रत्येक चाक मात्र साध्या सोप्या गोलाकार गतीने फिरतंय.



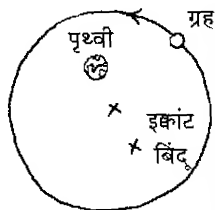
दुसरी संकल्पना विकेंद्री वर्तुळांची होती. ग्रहांच्या गतीतील फरक समजण्यास त्याचा उपयोग झाला..

पहा, एकाच गतीने फिरणारा ग्रह जवळ आला की वेगात फिरतोय असं वाटतं आणि आपल्यापासून लांबच्या भागात गेला की त्याची गती हळू वाटते.



वर्तुळाकार रचनांच्या बाबतीत 'इकांत बिंदू' ही संकल्पना फारच क्लिष्ट होती, तरी ग्रहांच्या गती समजून घेण्यासाठी ती सर्वात प्रभावी ठरली. ही संकल्पना जवळजवळ दीड हजार वर्षे वापरात होती.

ग्रह विकेंद्री गोलाकार कक्षांमधून फिरतात पण त्यांची गती सर्वत्र एकसारखी नाही. मात्र अवकाशातील एका विशिष्ट बिंदूपासून पाहता आले तर या गतीत सारखेपणा दिसेल. मी या बिंदूला इकांत बिंदू असं म्हणतो.



किती क्लिष्ट आहे हे. पण चालतंय ना? मग हरकत नाही....

या सर्व रचना एकत्रितपणे ग्रहांच्या गती समजावून देण्यात मोठ्या प्रमाणावर यशस्वी झाल्या.

मात्र गोल व वर्तुळ या रचना प्रत्यक्षातील नसून काल्पनिक होत्या; पण त्यातूनच सोप्या व अचूक उपपत्ती मांडणे शक्य झाले.

ग्रहांची संभाव्य स्थिती निश्चित करण्याच्या क्षमतेवर त्या रचनांची यशस्विता अवलंबून असे.

या सर्व पद्धतींचा एकत्रित वापर प्रथम टॉलेमी या ग्रीक खगोलतज्ज्ञाने केला. त्यानेच ग्रहांच्या गतीची अचूक कल्पना देणारी पहिली रचना मांडली.



टॉलेमी हा ग्रीक खगोलशास्त्रज्ञ होता. त्याचे खरे नाव क्लॉडीअस टॉलेमिअस. त्याच्या वैयक्तिक आयुष्याची फारशी माहिती उपलब्ध नाही.

हो मी ग्रीक आहे. पण मी इजिप्तमध्ये राहत असे. आणि मी अल्माजेस्ट (Almagest) लिहिलं. आणखी काय माहिती हवी तुम्हांला?



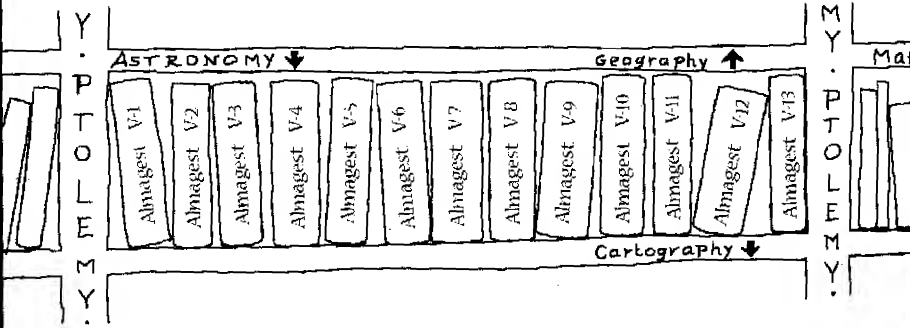
'अल्माजेस्ट' हे टॉलेमीने लिहिलेल्या लोकप्रिय पुस्तकाचं नाव. मूळ ग्रीक नाव 'मेगॅले सिंटॅक्सिस' (Megale Syntaxis म्हणजे गणिती संकलन). पुढे त्याचे अरेबिकमध्ये भाषांतर 'अल् माजिस्ती' (खूप भव्य) या नावाने झाले. नंतर लॅटीनमध्ये 'अल्माजेस्टम' या नावाने झाले.

हा खगोलशास्त्रावरचा एक भव्य प्रबंध होता.

क्लॉडीअस टॉलेमिअस (इ. स. ८५-१३५)



अल्माजेस्टचे लेखन १३ खंडांमध्ये विभागलेले होते. १००० ताऱ्यांची माहिती आणि आकाशातल्या विविध घटनांची यादी त्यात होती.



सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे आधीच्या खगोलतज्ज्ञांनी केलेला ग्रहांच्या गर्तीचा अभ्यास व टॉलेमीचे स्वतःचे शोध यांचे संकलनही त्यात होते.

टॉलेमी अॅलेक्झांड्रियामध्ये (इजिप्त) राहत असे. तो खगोलतज्ज्ञ, गणिती, भूगोलतज्ज्ञ, नकाशा काढण्याचे ज्ञान असणारा होता. खगोलशास्त्रावरचा पहिला प्रबंध 'अल्माजेस्ट'चा तो लेखक होता.

अनुमान बांधता येणे हेच टॉलेमीच्या रचनांचे यश होते.

छानच आहे. पण हे एपिसायकल आणि इकांट बिंदू जरा मला जडच जातायत.

हे एपिसायकल आणि इकांट बिंदू बरोबर काम करतायत. ते वापरून मला ग्रहांच्या हालचालीचं अचूक अनुमान करता येतय.



पण त्यातही काही अडचणी होत्या.

या एपिसायकलसमुळे ग्रह पृथ्वीच्या इतके जवळ येत असतील आणि नंतर खूप दूर जात असतील तर त्यांचा आकार कधी मोठा तर कधी लहान झालेला दिसला पाहिजे, नाही का?

टॉलेमीच्या रचना तुम्ही पूर्णतः स्वऱ्या मानता की काय?

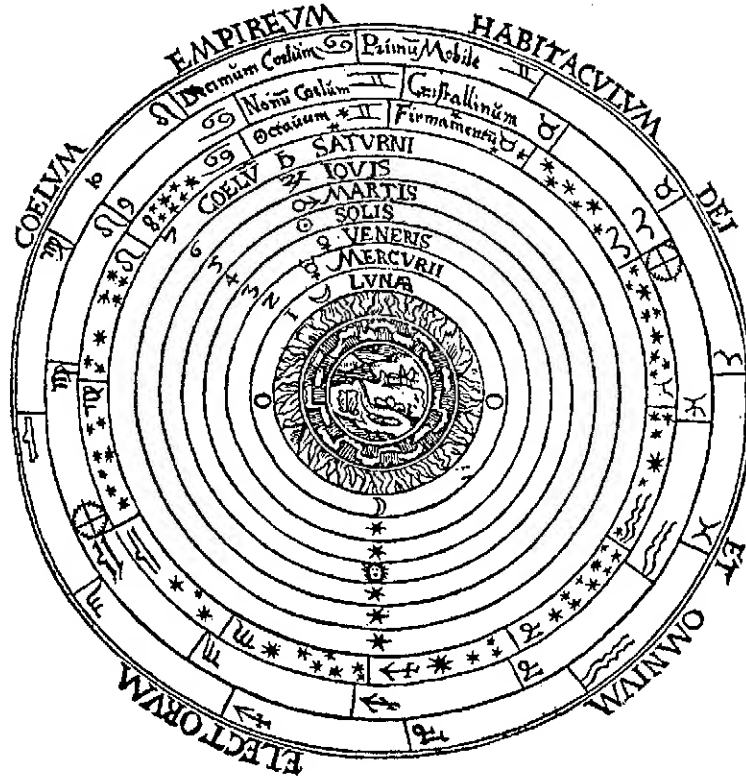


टॉलेमीच्या एपिसायकल, इकांट बिंदू या संकल्पना आणि बाकी सर्व रचना फक्त तात्विक आहेत हे सर्वमान्य होते. या केवळ ग्रहांच्या हालचालींच्या निरीक्षणातून अनुमानाने तयार केलेल्या रचना होत्या, त्या प्रत्यक्ष भौतिक रचना नव्हत्या.

टॉलेमीने वर्णन केलेले विश्व हे पृथ्वीकेंद्रित होते. सूर्य, चंद्र, ग्रह हे पृथ्वीभोवती एपिसायकल, इक्वॉंट बिंदू या संकल्पनांच्या यंत्रणेनुसार फिरत. पृथ्वी केंद्र धरून त्याच्याभोवती गोलाकार कवचांसारख्या विविध कक्षा होत्या. त्यावर ग्रह स्थित होते. प्रत्येक ग्रहासाठी स्वतंत्र कवच होते. सर्वात लांबच्या ग्रहालगतच्या कवचावर तारे स्थित होते.

थोडेफार बदल सोडले तर टॉलेमीची विश्वाची रचना १४०० वर्षे जशीच्या तशी टिकून राहिली. त्या काळात अल्माजेस्टचे भाषांतर करून बायबलप्रमाणे जगभर वाचले जात असे.

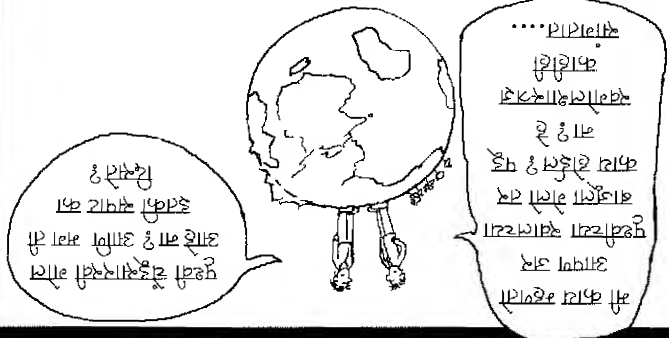
Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



आपल्या आजच्या ज्ञानानुसार टॉलेमीचा विश्वाबद्दलचा हा समज पूर्णतः चुकीचा होता. पण त्याच्या काळात (व पुढील अनेक शतकांत) ब्रह्मांडाविषयीचा हा समज बायबलमधील शिकवणुकीप्रमाणे लोकांच्या मनात दृढ झाला होता.

अनेक बुद्धिवंतांच्या संयुक्त प्रयत्नांतून टॉलेमीच्या कल्पनांना आव्हान दिले गेले. कोपर्निकसचे धाडसी विचार, केप्लरने सुचवलेल्या लंबगोलाकार कक्षा आणि गॅलिलिओने शोधलेली दुर्बीण, यामुळे शेवटी टॉलेमीच्या विचारांच्या जागतिक प्रभावावर (पगड्यावर) मात करता आली. इथेच खगोलशास्त्राच्या अंधकारमय काळाचा अंत झाला.

पृथ्वी सपाट नसून चेंडूसारखी गोल आहे हे ख्रिस्तपूर्व हजार वर्षे आधीच समजले होते.



प्रसिद्ध भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ आर्यभट्ट (इ. स. ५००) यांनी पृथ्वी खूप लांबवळून आपल्याला कशी दिसेल हे समजण्यासाठी फार सुंदर उदाहरण दिले आहे.

कंदबाच्या चेंडूसारख्या फळावर जशी चिमुकली फुले सर्व बाजूंनी फुललेली असतात... तसेच आपण या चेंडूसारख्या पृथ्वीवर उभे असतो.



खाली म्हणजे पृथ्वीच्या केंद्राकडे आणि वर म्हणजे केंद्रापासून लांब असा त्याचा अर्थ असतो.

जर पृथ्वी चेंडूसारखी आहे तर ती सपाट का भासते? त्याची अनेक कारणे आहेत.



एखाद्या फुटक्या मडक्याचा छोट्यासा तुकडा घ्या. तो जरी सपाट वाटला तरी मडक्याचा भाग असल्यामुळे वक्रच आहे.



मी पृथ्वीचा थोड्याच भाग बघत असल्यामुळे कदाचित असं वाटत असेल.

काही लोक मात्र ठासून सांगत, पृथ्वी म्हणजे राक्षसी चेंडू आहे. असे का? त्याला पुरावा होता.... जबरदस्त पुरावा.



तो पहा, उत्तरेचा स्थिरतारा खाली घसरलाय.

तुझा हा दक्षिणेकडचा पहिलाच प्रवास दिसतोय.

इथे मी तुला तू कधीही न पाहिलेले तारे दाखवीन.

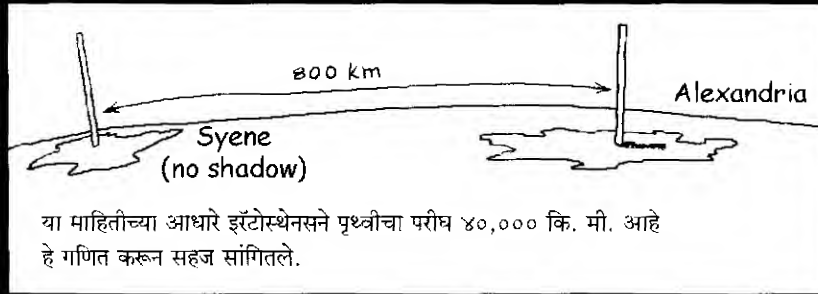


ते जहाज अर्ध बुडल्यासारखे का वाटतंय? खरंच ते बुडतंय का?

तुला माहीत नाही का? जाणारी जहाज बुडल्यासारखी वाटतात आणि येणारी सूर्य उगवल्यासारखी वर येतात.

समुद्राचा पृष्ठभाग कदाचित फुगीर असेल.

पृथ्वी नक्की किती मोठी होती, याचे अनुमान ग्रीक विद्वान इरॅटोस्थेनस याने ख्रिस्तपूर्व २४० च्या सुमारास बांधले. पृथ्वी जर चेंडूसारखी गोल असेल तर सूर्याचा प्रकाश पृथ्वीवर वेगवेगळ्या कोनात पडला पाहिजे. लोकांना माहीत होते की सायने (इजिप्तजवळ) येथील उभ्या खांब्याची सावली २१ जूनला भर दुपारी पडत नाही. इरॅटोस्थेनसने त्याच दिवशी अ‍ॅलेक्झांड्रिया (सायने येथून ८०० कि.मी. दूची जागा) येथील दुसऱ्या खांब्याची सावली मोजली.

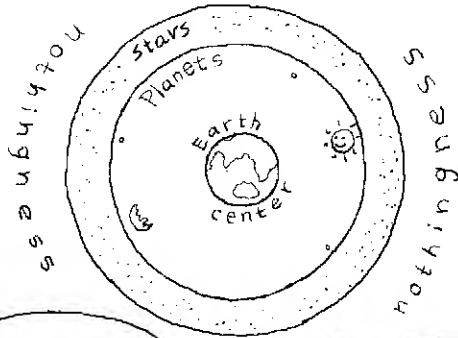


या माहितीच्या आधारे इरॅटोस्थेनसने पृथ्वीचा परीघ ४०,००० कि. मी. आहे हे गणित करून सहज सांगितले.

कुणी कल्पना तरी केली असेल का, ज्या पृथ्वीवर आपण राहतो ती ४०,००० कि. मी. परीघ असलेली राक्षसी चेंडूसारखी आहे आणि तिच्या सर्व बाजूंनी मोकळे आकाश आहे!



पृथ्वीवरून सूर्य, चंद्र, तारे हे सर्व आपल्याभोवती फिरत आहेत असे दिसे. साहजिकच, पूर्वीच्या खगोलतज्ज्ञांना पृथ्वी हीच सर्व ग्रहताऱ्यांच्या केंद्रस्थानी आहे असे वाटले.



तुला माहितीये? पृथ्वी सर्व विश्वाचा केंद्रबिंदू आहे.

ते उघडच आहे.

मात्र अनेक विचारवंतांचे असे मत होते की सूर्याभोवती (पृथ्वीभोवती नाही) पृथ्वी व इतर ग्रह फिरतात. ख्रिस्तपूर्व २५० वर्षे, या काळात ग्रीस येथील सॅमोसचा अरिस्टार्चस म्हणाला की...

तुझ्या लक्षात नाही का येत? सर्व काही सूर्याभोवती फिरतंय, अगदी आपली पृथ्वीसुद्धा!

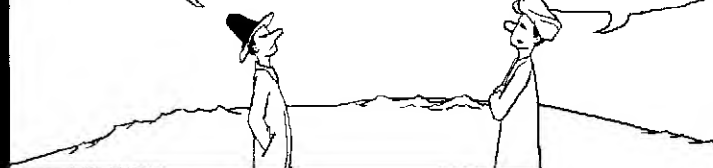


चंद्र मात्र त्याला अपवाद आहे बरं का.

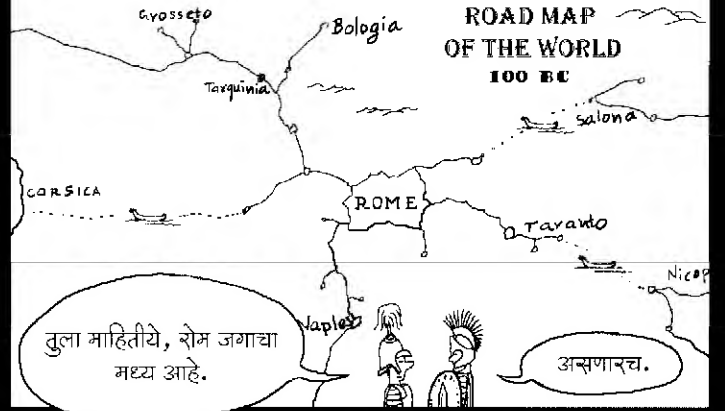
दुर्दैवाने या कल्पना दुर्लक्षित राहिल्या. अशी मूलगामी कल्पना पचवायची जगाची अजून तयारी झाली नव्हती.

काय फालतुपणा... सगळ्यांना माहितीये सूर्य पृथ्वीभोवती फिरतोय, त्याच्या उलट नव्हे.

नाही तर काय! मी म्हणतो, ते काही उपयोगी काम का करत नाहीत, उगाच जे स्पष्टच आहे त्यात परत गडबड करतात.



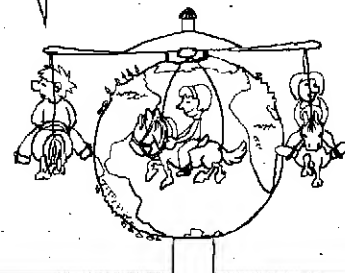
आज आपल्याला माहिती आहे की पृथ्वी हा विश्वाचा केंद्रबिंदू नाही. खरे सांगायचे तर विश्वाला असा कोणताच केंद्रबिंदू नाही. रोम हा जगाचा केंद्रबिंदू आहे ही जशी रोमनांची खुळी कल्पना होती, अगदी तशीच ही आहे.



इ. स. ५०० च्या सुमारास आर्यभट्टांनी आपले म्हणणे मांडले की, पृथ्वी एखाद्या भोवऱ्याप्रमाणे आपल्या अक्षाभोवती फिरते. एका परिवलनासाठी तिला एक दिवस लागतो, पुढे असेही सांगितले की, परिवलनामुळेच ग्रहतारे आपल्याभोवती फिरताना दिसतात. (जसे जत्रेतल्या पाळण्यात बसल्यावर आपल्याला जग आपल्याभोवती फिरत आहे असे वाटते तसे.)

आकाश आपल्याभोवती का फिरतंय?

मला गरगरतंय! कसं थांबवायचं हे चक्र!



म्हणूनच हजारो वर्षे विश्वाचे केंद्र पृथ्वीच राहिली आणि सूर्याला तिच्याभोवती फिरत ठेवले गेले.

काय माहिती त्यांना केव्हा कळणार?



कशाला त्रास करून घेतोस? अजून खूप दिवस लागतील. तोपर्यंत तू आपला फिरत रहा माझ्याभोवती!



अखेरीस सूर्याला स्थिर आणि पृथ्वीला गतिमान करण्याचे श्रेय निकोलस कोपर्निकस याला जाते.

हुश्यास... अखेर जमलं!  
धन्यवाद निकोलस. मला  
फार काळ हे सहन झालं  
नसतं.

अरे, ठकलू नकोस. मला गती  
यायला वेळ लागतो.

हे असं एक दिवस घडणारच होतं.  
काळजी करू नकोस. मी आहेच नेहमी  
तुझ्या बरोबर.

अस्तित्वात असलेल्या  
रचनांविषयी खगोलशास्त्रज्ञ  
समाधानी नव्हते.

टॉलेमीच्या जुन्या रचना (शतकानुशतके जुन्या) सुधारणे अथवा बदलणे  
आवश्यक होते.

हो, आणि चंद्राच्या आकाराचं काय?  
टॉलेमीच्या रचनेनुसार तो प्रचंड का  
दिसत नाही जवळ आल्यावर?

पुन्हा पहिले पाडे  
पंचावन्न, मला अगदी  
कंटाळा आलाय या  
गोष्टीचा.

कोणी  
आम्हांला  
मदत करेल  
का?

माझं उत्तर  
कधीच कसं  
बरोबर येत  
नाही?

मला वाटतं आपली  
विचारांची दिशाच  
चुकत्ये.

ही असली चूक  
स्वप्नारच नाही.

एपिसायकल या फक्त  
संकल्पनाय आहेत. ग्रहांचे मार्ग  
स्वरंच कसे दिसत असतील?

आपलं गणितच  
कच्चां असावं.

निकोलस कोपर्निकस (इ. स. १४७३-१५४३)



याचा जन्म पोलंडमधला. तो गणितज्ञ, खगोलशास्त्रज्ञ, वैद्यक तज्ज्ञ, दुभाष्या, अर्थतज्ज्ञ, सैनिकी अधिकारी आणि बरेच काही होता. सूर्यकेंद्रित विश्वाची कल्पना मांडणारा तो पहिला खगोलशास्त्रज्ञ होता. आकाशातील ग्रहगोलांच्या भ्रमणावर आधारित असलेला त्याचा हा प्रबंध (डि रिव्होल्यूयूनिबस ऑर्बिबस सेलेस्टियम) शास्त्रीय क्रांतीचा अग्रदूत ठरला. म्हणूनच कोपर्निकसला आधुनिक खगोलशास्त्राचा जनक मानले जाते.

जुन्या काळातल्या खगोलतज्ज्ञांनी सूर्यकेंद्रित विश्वाचे एक काल्पनिक धूसर असे चित्र उभे केले होते. पण कोपर्निकसची या बाबतीतली मीमांसा ही फक्त कल्पना नव्हती तर त्याने सगळ्याचा उलगाडा करणारी जंत्रीच दिली होती.

त्या काळात रूढ असलेल्या संकल्पनांना शह देणारा कोपर्निकस निश्चितच धाडसी होता. तो म्हणाला,

टॉलेमीच्या रचनांमध्ये अजून सुधारणा होऊच शकत नाही. कारण त्याच्या सिद्धांताचा आधारच चुकीचा आहे.

सूर्याला जर सगळ्या  
गतींच्या केंद्रबिंदू मानलं  
तर सर्व काही सोपं  
होईल.  
पुरावे ग्राह्य माना आणि  
प्रस्थापित पुरातन  
संकल्पनांना मूळमाती  
द्या.

३० वर्षे काम करून त्याने गणिती  
तपशिलांचा सारांश मांडला.

ग्रह काही काळ उलट दिशेने जाताना  
दिसणं (वक्री होणं) हा केवळ आभास  
आहे. आपली पृथ्वी सूर्यभोवती फिरते  
त्यामुळे असं वाटतं.

बुध आणि शुक्र आपल्या  
पृथ्वीप्रमाणेच सूर्याभोवती फिरतात.  
ते सूर्यजवळच राहतात कारण  
त्यांच्या कक्षा लहान असतात.

पाहिलंत हे किती  
सोपं आणि तरीही  
अचूक आहे?



मला नाही हे पटतं! तुम्हांला?

त्याच्या सिद्धांतामुळे ग्रहांच्या भ्रमणाविषयीच्या न सुटलेल्या अनेक प्रश्नांची उत्तरे मिळाली. कोपर्निकसच्या समकालिनांनी मात्र त्याच्या कामाची कदर केली नाही.

कोपर्निकसची सूर्यकेंद्री विश्वाची रचना ही पृथ्वीकेंद्री रचनेपेक्षा मुळातूनच वेगळी होती. त्याच्या संकल्पनांना मान्यता मिळायला एक शतकाहून अधिक काळ लागला.

अखेर या काळ्या कालखंडातून खगोलशास्त्र बाहेर पडले!

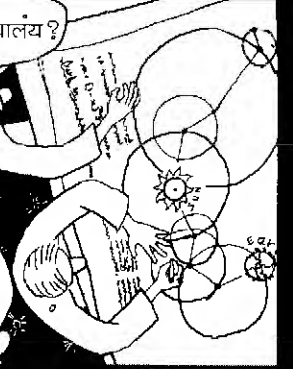
दुर्दैवाने कोपर्निकसच्या रचना (सूर्यकेंद्री सिद्धांतावर आधारित) या टॉलेमीच्या पृथ्वीकेंद्री रचनांची सुधारणा म्हणून चालू शकल्या नाहीत.



याला दोन कारणे होती. एक म्हणजे कोपर्निकसने कक्षांचे लंबगोलत्व विचारात घेतले नाही व त्याने एपिसायकल्सची अत्यंत क्लिष्ट रचना मांडली. दुसरे म्हणजे तो चुकीच्या निरीक्षणांचा आधार घेत होता.

कोण म्हणतं हे सोपं झालंय?

मला काही समजत नाहीये. एवढ्या मूलभूत कल्पना पण तपशील किती निष्काळजीपणे दिलेत!



अनुमान बांधण्यातल्या व्यावहारिक अडचणी हा काही एकच मुद्दा नव्हता तर काही समजुतींचाही घोटाळा होता.



हो ना! आणि एवढा मोठा जमिनीचा गोळा कोण बरं सूर्यभोवती फिरवतोय?

मला सांग... जर पृथ्वी एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाते तर चांदण्यांच्या मांडणीत आपल्याला थोडा तरी पराशय\* दिसायला हवा होता ना?

पराशय? तो काय असतो?

\*पराशय (पॅरलॅक्स) माहितीसाठी पान ३८ पहा.

अशा मूलभूत प्रश्नांची उत्तरे खूप नंतरच्या काळात मिळाली. त्यामुळे सूर्यकेंद्रित विश्वाबद्दलच्या शंकांचे निरसन झाले. त्याच बरोबर विश्वाचा अजून सखोल अभ्यास करण्याची दृष्टी मिळाली.

पण त्यामुळे कोपर्निकसच्या वैश्विक सिद्धांतातील त्रुटी लक्षात आल्या.

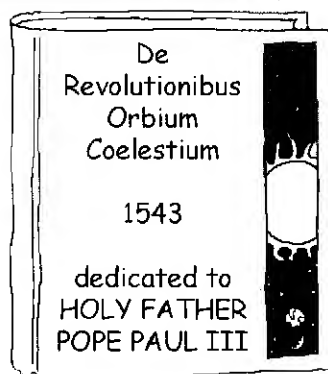
सगळेच काही कोपर्निकसबद्दल शंका घेत नव्हते. प्रत्यक्षात त्याचे अनेक चाहते होते.



कोपर्निकसला खरी भीती होती ती चर्चची.

कोपर्निकसला माहीत होते की जर चर्चने त्याच्या कल्पना नाकारल्या तर फक्त देवच त्याला वाचवू शकेल. चर्चच्या विरोधात जायची त्याची अजिबात इच्छा नव्हती. त्याचा सहकारी फारच चतुर होता. त्याने झपाट्यात युक्ती काढली आणि पुस्तक प्रसिद्ध केले.

त्याने ते पुस्तक पोप पॉल - तिसरे यांनाच अर्पण केले!

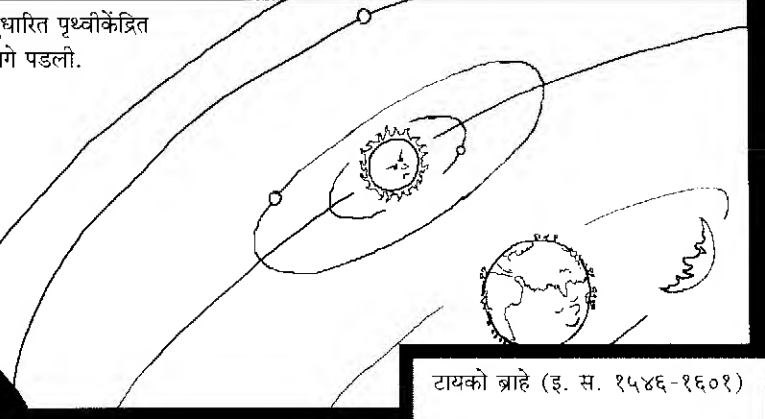


दुर्दैवाने या पुस्तकाला मिळालेला हवी होती तेवढी प्रसिद्धी मिळाली नाही. कोपर्निकसचे सिद्धांत शतकाहून अधिक काळ खिंतपत पडले. सूर्यकेंद्री सिद्धांताचे फायदे मात्र कोणीही पूर्णपणे नाकारू शकत नव्हते. तरीदेखील त्या काळातील खगोलतज्ज्ञ मात्र पृथ्वीकेंद्री विश्वाची संकल्पना जपण्याचा आटोकाट प्रयत्न करत होते.



टायको ब्राहे या डॅनिश खगोलशास्त्रज्ञाने पुन्हा एकदा पुढे आणलेल्या सुधारित पृथ्वीकेंद्रित सिद्धांतामुळे कोपर्निकसच्या सूर्यकेंद्री विश्वाची संकल्पना काही काळ मागे पडली.

सगळे ग्रह सूर्याभोवती फिरतात हे स्वर, पण पृथ्वी आणि चंद्र त्याला अपवाद आहेत. प्रत्यक्षात सूर्य त्याच्याभोवती फिरणाऱ्या सर्व ग्रहांसहित स्थिर असलेल्या पृथ्वीभोवती फिरतो. (कारण पृथ्वी हाच विश्वाचा स्वरा केंद्रबिंदू आहे.)



टायको ब्राहे (इ. स. १५४६-१६०१)



एका दृष्टीने टायको ब्राहेची कोपर्निकसच्या विश्वाच्या रचनेवरची (चित्रावरची) टीका योग्यच होती. त्याने ग्रहांच्या गतीचे वर्णन करण्यासाठी कोपर्निकसचीच पद्धत वापरली. फक्त पृथ्वीला केंद्रस्थानी मानले. प्रत्यक्षात त्याने गतीमापनात फारसा बदल केलाच नव्हता, कारण आपल्याला नेहमी ग्रहाची सापेक्ष गतीच समजते. त्याने फक्त संदर्भ चौकट बदलली.

अशा तऱ्हेने एकाच वेळी टायकोने कोपर्निकसच्या सिद्धांताचे महत्त्व कमी केले आणि तो स्वतःच्या सिद्धांतात समाविष्ट करून टाकला.

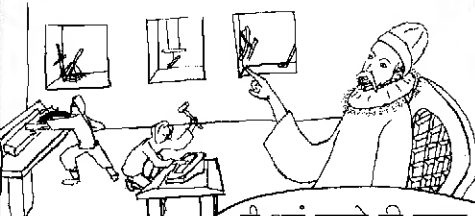
याचा जन्म डेन्मार्कमध्ये झाला. युरॅनिबोर्ग (स्वर्गीय किल्ला) ही वेधशाळा त्याने बांधली. ही पहिली आधुनिक संशोधन संस्था. अचूक निरीक्षणांच्या बाबतीत तो आग्रही होता.

सूर्याला केंद्रस्थानी मानण्याची कल्पना तो कधीच करू शकला नाही पण खगोलशास्त्रासाठी त्याने दिलेले योगदान मोठे आहे. निरीक्षणांच्या अचूकतेला अप्रक्रमाने प्राधान्य प्रथम त्यानेच दिले.



तुमची निरीक्षणं जर चुकीची अन्सतील तर तुमचा सिद्धांत खात्रीने चुकणारच. त्या कोपर्निकसचेच पहा ना!

पूर्वीपासून उपलब्ध असलेल्या माहितीवर टायकोचा फारसा विश्वास नव्हता.



मी असं मानतो की माझ्या सिद्धांताची पूर्ण जबाबदारी माझीच आहे.

त्याच्या आयुष्याचा बराचसा काळ अचूक निरीक्षणे करण्यात आणि ती तंतोतंत बरोबर नोंदवता येतील अशी साधने तयार करण्यात गेला.

एक दशकाहून अधिक काळ टायकोने आपल्या सहकाऱ्यांच्या गटासह प्रचंड काम केले. त्यांनी जमा केलेल्या नोंदी भविष्यात अनेक खगोलतज्ज्ञांना विश्वासाह माहितीचा स्रोत म्हणून उपयोगी पडल्या.

मला एक गोष्ट स्पष्ट करू दे, ही माहिती टायकोची आहे. तुझ्या सिद्धांतात काही चुक दिसत असेल तर दोष तुझ्या सिद्धांतात आहे, माहितीत नक्कीच नाही!



टायकोने पुढे कामात मदत करायला एका तरुणाला आमंत्रित केले. त्याचे नाव योहान केप्लर. त्यांच्या एकत्रित कामामुळे भविष्यात खगोलशास्त्रावर फार मोठा प्रभाव पडला.

टायकोने जमा केलेल्या माहितीच्या आधारावरच केप्लरने आपले ग्रहांच्या गतीसंबंधीचे नियम बनवले.

केप्लरच्या या कामामुळे सूर्यकेंद्री विश्वाचे चित्र लोकांच्या मनात कायमस्वरूपी प्रस्थापित झाले.



टायकोचा वारसदार असलेल्या योहान केप्लरला ग्रह-गतींच्या रचनाकृती मांडत राहणे पुरेसे वाटत नसे.

ग्रहांच्या गतींचं केवळ वर्णन करून माझं समाधान होत नाही.

तुला आणखी काय करावंसं वाटतं योहान?

ग्रह असे का फिरतात, कोणती शक्ती त्यांना त्यांच्या मार्गावर ठेवते, हे मला जाणून घ्यायचंय.

ते देवाच्या इच्छेप्रमाणे फिरतात ना?

त्याला असं म्हणायचंय का, ग्रहगोलांची गती फक्त भौतिक नसून त्यात भौतिकशास्त्रसुद्धा आहे?

दुर्दैवाने, भौतिकशास्त्राचा पाया असलेली ग्रहांच्या गतीची केप्लरची कल्पना नेहमी अस्पष्टच राहिली. आपल्या आजच्या ज्ञानामुळे ती चुकीचीच होती, असे आपण म्हणू शकतो.

सूर्य चुंबकीय शक्ती बाहेर टाकतो. त्यामुळे ग्रह फिरत राहतात. त्या शक्तीचा अभाव असेल तर ते तात्काळ थांबतील.

हे फारच मनोरंजक आहे.

आणि किती अद्भुत!

केप्लरने मांडलेला ग्रह-गतींचा सिद्धांत केवळ अपूर्व होता. १७व्या शतकाच्या सुरुवातीला केप्लरने तीन नवे नियम जगासमोर आणले.

'केप्लरचे नियम' या नावाने ते प्रचलित आहेत.

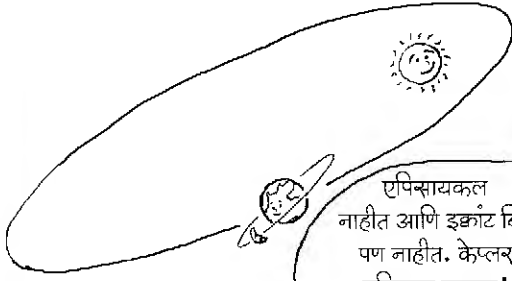
त्यापुढील दशकांमध्ये मांडल्या गेलेल्या भौतिकशास्त्रावर आधारित असलेल्या पहिल्या अचूक सिद्धांतासाठी हे नियम पायाभूत माहिती म्हणून उपयुक्त ठरले.

योहान केप्लर (१५७१-१६६०)



याचा जन्म जर्मनीमधील. तो गणित, खगोल आणि ज्योतिषशास्त्रात तज्ज्ञ होता. ग्रहगती नियंत्रित करणाऱ्या नियमांच्या शोधासाठी तो विख्यात होता. खगोलशास्त्राला तो तारकीय विश्वातील भौतिकशास्त्र मानत असे आणि जगाला कोपर्निकसच्या सिद्धांतावर नव्याने विचार करायला लावण्यात त्याची महत्वाची भूमिका होती.

ग्रह-गतींचे वर्णन करणाऱ्या एपिसायकल्सच्या गुंतागुंतीच्या यंत्रणेऐवजी फक्त एका साध्या लंबवर्तुळाकार मार्गाची योजना करून त्याने आपल्या अलौकिक बुद्धिमेतेचा ठसा उमटवला.



एपिसायकल नाहीत आणि इकांट बिंदू पण नाहीत. केप्लर बुद्धिमान स्वराच!

हो ना, हे कमालीचं सोपं, तरीही किती अचूक आहे!

केप्लरच्या कक्षीय रचना अतिशय सोप्या आणि निखालसपणे अचूक होत्या. 'लंबवर्तुळाकार कक्षा' हा केप्लरचा पहिला नियम.

यातला गमतीचा भाग म्हणजे, केप्लरला सहज उपलब्ध असलेल्या टायकोच्या निरीक्षणांची, या शोधात महत्वाची भूमिका होती. या निरीक्षणांच्या अचूकपणामुळेच केप्लरला एपिसायकल आधारित रचनांमधील चुकांची खात्री पटली. म्हणून त्याने दुसऱ्या पर्यायांचा शोध घेतला. (आणि लंबगोल निवडले.)

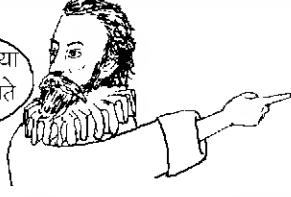
छे! दुसरी कोणती शक्यताच नाहीये.



दुर्बिणीशिवाय नुसत्या डोळ्यांनी केलेल्या नोंदींमध्ये टायकोच्या नोंदी या सर्वोत्कृष्ट होत्या. मात्र पुढील दशकांत दुर्बिणीच्या साहाय्याने केलेल्या नोंदी अधिक अचूक होत्या. केप्लरला जर दुर्बीण मिळाली असती तर ग्रहांच्या कक्षा पूर्णपणे लंबवर्तुळाकार नसतात हे त्याच्या तेव्हाच लक्षात आले असते. पण ठाम निर्णयाप्रत येण्यासाठी त्या काळात टायकोची निरीक्षणेच त्याच्यासाठी उपलब्ध होती.

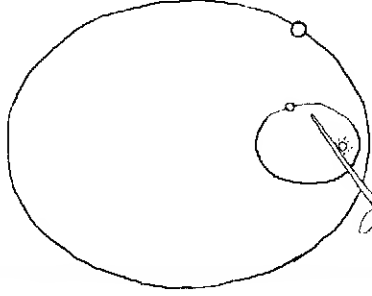
पहिला नियम ग्रहांच्या भ्रमणमार्गाविषयी होता तर दुसऱ्यात त्यांच्या बदलत्या गतीचे विवेचन होते.

सूर्य ते ग्रह अशा सरळ रेषेची कल्पना केली तर ग्रहाच्या फिरण्यामुळे विशिष्ट वेळात जेवढे क्षेत्रफळ आक्रमले जाते ते नेहमी समानच असते.



या नियमानुसार एका बिंदूवरील ग्रहाचा वेग जर माहीत असेल तर दुसऱ्या कोणत्याही बिंदूवरील वेग आपल्याला मिळू शकतो.

पहिले दोन नियम प्रभावी होतेच पण तिसऱ्या नियमाने मात्र कहरच केला. ग्रहांच्या कक्षांचा आकार आणि त्यांना सूर्य प्रदक्षिणेला लागणारा वेळ यांच्यातील एक अत्यंत सोपा संबंध या नियमाने दाखवून दिला.



सूर्य प्रदक्षिणेसाठी ग्रहाला लागणारा वेळ (क्ष) आणि त्याने एका प्रदक्षिणेत कापलेले अंतर (य) यांचा संबंध एखाद्या गोळ्याच्या क्षेत्रफळ आणि घनफळासारखाच आहे.

या गणितानुसार -  
 $\text{क्ष}^3 / \text{य}^3 = \text{स्थिरांक (कॉन्स्टंट)}$

उदाहरणार्थ, एखाद्या ग्रहाची कक्षा दुसऱ्या ग्रहापेक्षा चारपट मोठी असेल तर त्या ग्रहाला आठपट जास्त वेळ फेरी पूर्ण करायला लागेल.

केप्लरच्या लंबवर्तुळाकृती रचना आणि उपलब्ध माहिती पूर्णपणे जुळत होती, हे महत्वाचे! एकीकडे टॉलेमीने ताऱ्यांच्या जगताचा शोध सुरू केला होता आणि त्याच वेळी केप्लर काही ठाम निर्णयांप्रत येऊन पोहोचला. केप्लरच्या सिद्धांतांमुळे संशोधनाचा एक कालखंड संपून दुसरा सुरू झाला.

सर्व ग्रहांना केप्लरचे नियम सारखेच लागू होत होते ही त्यातली उल्लेखनीय बाब (अर्थात चंद्र सोडून)! त्या नियमांमध्ये काहीतरी खूपच मूलभूत नक्कीच होते. केप्लरने फक्त ग्रहांच्या गतीचे वर्णनच केले नाही तर या गतींचे मर्मच उलगडून दाखवले. केप्लरच्या नियमांचा सखोल अभ्यास या विश्वाच्या यंत्रणेवर प्रकाश टाकू शकला असता का?

आणि नेमके तसेच घडले.

केप्लरचे नियम, त्याला गॅलिलिओच्या दुर्बिणीचे साहाय्य व न्यूटनच्या गणिती समीकरणांची ताकद वापरून अवकाशातील भौतिकशास्त्राच्या नव्या युगाची नांदी झाली.

१७ वे शतक हा खगोलशास्त्राच्या इतिहासातला सर्वात खळबळजनक काळ होता.

सुरुवातीपासूनच केप्लर कोपर्निकसच्या विश्वाच्या रचनांचे चित्र कळकळीने पुढे मांडत असे. पण सूर्यकेंद्रित रचना पुनरुज्जीवित करायला त्याच्या लंबवर्तुळाकार कक्षांचा काहीच उपयोग झाला नाही. कोपर्निकसच्या सिद्धांतांच्या बाबतीत टायकोने जे म्हटले होते तेच केप्लरच्या नियमांबाबतही होऊ शकले असते. सूर्य (सर्व ग्रहांच्या समूहाबरोबर) पृथ्वीभोवती फिरतो हे तत्त्व लंबवर्तुळाकार कक्षांवर आधारित खगोलशास्त्रातही कायम होते.

नशीब म्हणजे चंद्र केप्लरचा नियम पाळत नव्हता. तो काही इतर ग्रहांप्रमाणे सूर्याभोवती फिरत नाही, म्हणून तो वेगळा वागतो असे केप्लरचे स्पष्टीकरण होते. पण जर टायकोची रचना खरी मानली तर सूर्य (जो पृथ्वीभोवती फिरतो) चंद्रासारखा वागायला हवा होता, ते सोडून तो त्याच्याभोवती फिरणाऱ्या ग्रहांसारखा कसा वागतो? खरेतर केप्लरला इथेच भक्कम मुद्दा सापडत होता.

पण गॅलिलिओने सातत्याने केलेले प्रयत्न व त्यानंतर उदयास आलेले न्यूटनचे भौतिक सिद्धांत यामुळे पृथ्वीकेंद्रित विश्वाच्या कल्पनेचा कायमचा अस्त झाला.

सूर्याऐवजी पृथ्वीला केंद्रस्थानी मानणे, एवढी एक गोष्ट वगळली तर केप्लरचे लंबवर्तुळात्मक खगोलशास्त्र हे 'खरे खगोलशास्त्र' (The Astronomy) मानले गेले. त्यामुळे भूतकाळातले सगळे सिद्धांत झाकोळले गेले.

दुर्बिणीचा शोध  
गॅलिलिओने  
लावला हा एक  
सार्वत्रिक गैरसमज.

मग गॅलिलिओचं नाव दुर्बिणीशी असं  
अतृप्तपणे का बरं जोडलं गेलं?

Galileo



लांबच्या गोष्टी ज्यातून जवळ भासू शकतात अशा साधनाची माहिती  
जेव्हा गॅलिलिओला कळली तेव्हा त्याने वेळ दवडला नाही.

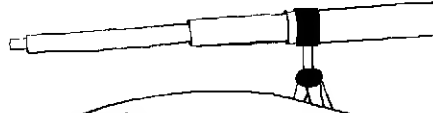


हा नवा शोध त्याने घरी आणला.  
त्याचा अभ्यास केला. त्यात अनेक  
सुधारणा केल्या.



आणि आकाश  
निरीक्षण सुरू केले.

दुर्बिणीमुळे त्याला जे  
उलगडले त्यामुळे  
खगोलशास्त्राला नवा मार्ग  
सापडला.



या विश्वात खूप काही दडलंय.  
आपल्या डोळ्यांना दिसतं त्यापेक्षा  
जास्तच!

दुर्बिणीमुळे दोन गोष्टी घडल्या. पहिली  
म्हणजे -



ज्यांच्या अस्तित्वाची कल्पनाच  
नाही, अशा अनेक गोष्टींनी हे  
विश्व भरलेलं आहे.

आणि दुसरी म्हणजे - अनेक तपशील (बारकावे)  
दाखवण्याची दुर्बिणीची क्षमता.

वा! किती अचूक  
निरीक्षण! आता  
टायकोच्या नोंदी  
इतिहासजमा  
होणार.



जसे कोपर्निकसला सूर्यकेंद्रित सिद्धांतासाठी ओळखले जाते, त्यातलाच हा प्रकार.  
ज्याप्रमाणे प्रत्यक्षात सूर्यकेंद्रित विश्वाची कल्पना १००० वर्षांपूर्वीपासूनच बोलली  
जात होती. परंतु पूर्ण विस्तारित स्वरूपातला सिद्धांत प्रथमच मांडण्याचे श्रेय मात्र  
कोपर्निकसलाच जाते. तसेच गॅलिलिओचे आहे.

तो खगोलशास्त्रातील दुर्बिणीच्या  
वापरात निष्णात झाला. आणि  
आयुष्यभर तिच्यात सुधारणा करत  
राहिला. त्यातूनच त्याने अनेक अपूर्व  
तारकीय घटनांचा वेध घेतला; ज्या  
तोपर्यंत मानवाने कधीच पाहिल्या  
नव्हत्या.

निरीक्षणात्मक खगोलशास्त्रात  
गॅलिलिओ आणि त्याच्या दुर्बिणीने  
क्रांती घडवली.

गॅलिलिओ गॅलेली  
(इ. स. १५६४-१६४२)



याचा जन्म इटलीमधला. दुर्बिणीच्या  
वापरात तो अग्रगण्य होता. आतापर्यंत  
नुसत्या डोळ्यांना न दिसणाऱ्या  
आकाशातील अनेक गोष्टी त्याने  
शोधल्या. कोणी कधीही न पाहिलेल्या  
गोष्टी त्याने पाहिल्या. कोपर्निकसच्या  
सूर्यकेंद्री कल्पनेला गॅलिलिओने  
पुनरुज्जीवित केले. प्रत्यक्ष तत्त्व मांडणारा  
तो पहिलाच होता. गतीशास्त्राचा  
पद्धतशीर अभ्यास त्याने सुरू केला.  
त्याला आधुनिक भौतिकशास्त्राचा व  
निरीक्षणात्मक खगोलशास्त्राचा जनक  
घोषित केले आहे.

गॅलिलिओचा सिद्धांत चर्चच्या प्रस्थापित  
शिकवणुकीच्या विरोधात गेला. त्यामुळे  
त्याची शेवटची काही वर्षे नजरकैदेत  
व्यतीत झाली.

जे केप्लरच्या शोधांमुळे खगोलशास्त्रात  
झाले तेच गॅलिलिओच्या दुर्बिणीने  
निरीक्षणात्मक खगोलशास्त्रात घडले.

गॅलिलिओने शोधलेल्या अनेक गोष्टींपैकी एक म्हणजे आकाशातले असंख्य धूसर तारे, जे नुसत्या डोळ्यांना दिसूच शकत नाहीत.



दुर्बिणीमुळे ग्रह मोठे तर दिसत. तारे जास्त तेजस्वी दिसत. पण त्यांचा ठिपक्यासारखा आकार मात्र बदलत नसे.



याचा अर्थ काय असावा बरं? कदाचित तारे आपल्यापासून कल्पनातीत अंतरावर असतील. त्यामुळेच, पृथ्वी सूर्याभोवती फिरतये तरीदेखील आपल्याला ताऱ्यांचा पराशय दिसत नाही.

गॅलिलिओ त्याच्या समकालीन केप्लरप्रमाणेच, कोपर्निकसच्या रचनेचा आग्रही पुरस्कर्ता होता. त्याच्या दुर्बिणीवर आधारित शोधामुळे सूर्यकेंद्री सिद्धांताचे पुनरुज्जीवन व्हायला मदत झाली.

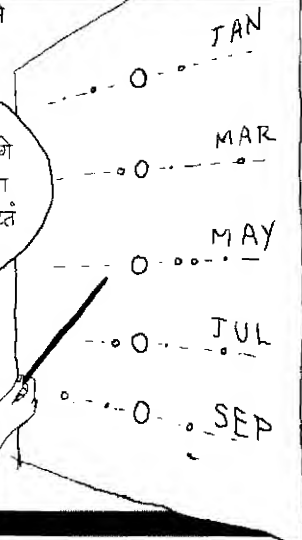
त्याचा सर्वात खळबळजनक शोध म्हणजे गुरूचे चंद्र. गुरूच्या मागोमाग जाणाऱ्या तीन ताऱ्यांचे तो महिनोमहिने बारकाईने निरीक्षण करत होता.



आणि ते गुरूच्या सभोवतीच का असतात?



गुरूमधून ते आरपार पुढे मागे जातायत असं वाटतंय. असा प्रकार आहे काय? मला वाटतं याचा अर्थ कळतोय मला!



खरेच, पृथ्वीचे काय एवढे? तिला तर एकच चंद्र होता. गुरूला मात्र अनेक होते. या पुराव्यामुळे कोपर्निकसच्या सिद्धांतांना पुष्टी मिळाली.

गॅलिलिओने अनेक मनोरंजक गोष्टी पाहिल्या.

शुक्राला चंद्रासारख्या कला असतात.



शनीला पंख असतात, ते कधी दिसतात तर कधी नाही.



चंद्र म्हणजे गुळगुळीत चेंडू नाही. त्याच्या पृष्ठभागावर अनेक टेंगळ आणि खड्डे आहेत.



गॅलिलिओच्या खळबळजनक शोधामुळे खगोलशास्त्रज्ञ खडबडून जागे झाले आणि कामाला लागले. आता त्यांना स्वर्गही शोधायचा होता.



दुर्बिणी लोकप्रिय झाली. निरीक्षणात्मक खगोलशास्त्रासाठी ती अनिवार्य ठरली.

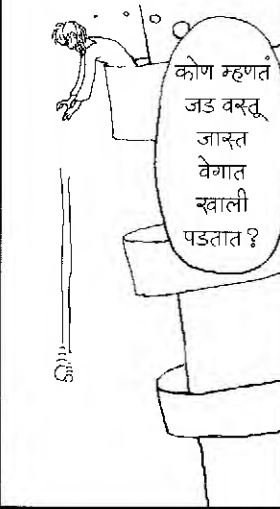
इतक्या शतकांनंतर आज या साधनाची खूपच प्रगती झाली आहे. आणि गॅलिलिओच्या काळात होती तशीच तिची महती आजही आहे.



सूर्यकेंद्री विश्वाचा सिद्धांत सिद्ध करण्यासाठी केवळ भौतिक पद्धतींचा वापर पुरेसा नव्हता, म्हणून गॅलिलिओने गतीशास्त्राचा पद्धतशीर अभ्यास सुरू केला.

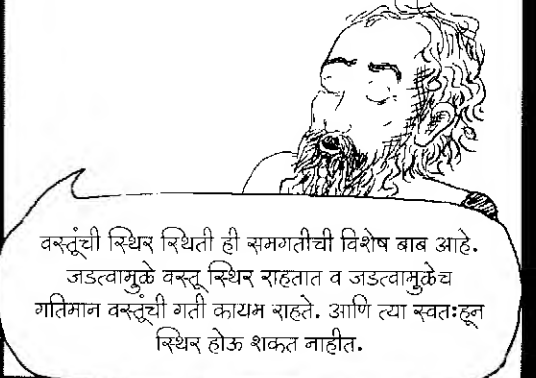


त्याने प्रयोग केले...



...अणि आपले निष्कर्ष काढले.

समान (एकसारखी) गती ही वस्तूंची नैसर्गिक अवस्था आहे. त्यांना समगतीने जात राहण्यासाठी कोणत्याही बाह्य साधनाची अथवा बलाची गरज नसते.

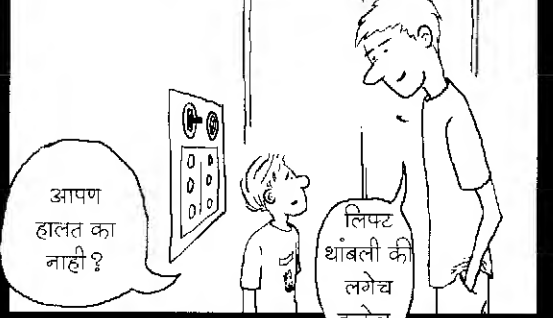


त्याच्या कल्पना मूलगामी होत्या.

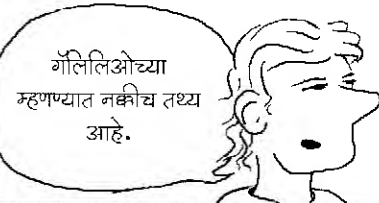
हालचालीतील बदलासाठी (म्हणजे स्थिर वस्तू गतिमान करणे अथवा, आधीच गती प्राप्त झालेली वस्तू थांबवणे) बाह्य शक्ती (बल) आवश्यक असते.

तुम्ही जर समान गतीने प्रचंड वेगात प्रवास करत असाल तर तुम्हांला वेग जाणवणार नाही, पण अचानक वेग कमी किंवा जास्त केलात तर गतीची जाणीव लगेच होईल.

लिफ्टमधून जाणाऱ्या कोणालाही याचा अनुभव येतच असतो.



कोपर्निकसच्या वैश्विक रचनांचा खरेपणा सिद्ध करण्यासाठी गॅलिलिओच्या भौतिक सिद्धांतांचा उपयोग झाला.



गॅलिलिओने निरीक्षण आणि तर्क याच्या भक्कम पायावर त्याच्या विश्वाबदलच्या कल्पना तयार केल्या. त्याचा मूलगामी सिद्धांत विद्यमान कल्पनांच्या, विशेषतः पवित्र ग्रंथांच्या विरोधात होता. त्यामुळे चर्चला त्याची भीती वाटत होती.

गॅलिलिओला तुरुंगात टाकण्यात आले. त्याच्या लिखाणावर बंदी घालण्यात आली. आयुष्याची शेवटची वर्षे त्याने नजरकैदेत घालवली.

गॅलिलिओच्या वैचारिक पातळीला पोहोचायला चर्चला जवळजवळ ४०० वर्षे लागली.

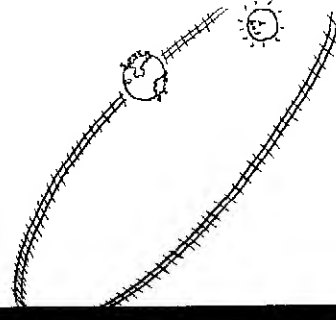
१९९२ साली पोप जॉन पॉलने चर्चच्या वतीने गॅलिलिओचे प्रकरण ज्या पद्धतीने हाताळले त्याबद्दल माफी मागितली. त्याने जाहीरपणे मान्य केले की पृथ्वी स्थिर नाही.

गॅलिलिओच्या गतीविषयीच्या कल्पनांच्या पायावरच पुढे भौतिकशास्त्राचे सिद्धांत विकसित झाले.



ग्रहांच्या गतीचा अभ्यास ताऱ्यांच्या भौतिकशास्त्राच्या दृष्टीने करा असे केप्लर खगोलशास्त्रज्ञांना सांगत असे. गॅलिलिओला गतीची मूलभूत तत्त्वे समजली होती, पण ग्रहांच्या कक्षांशी त्यांचा संबंध कसा जोडावा हे मात्र कोणाच्या लक्षात येत नव्हते.

कशामुळे हे ग्रह अशा ठरावीक गोलाकार मार्गावरून फिरतात? तिथे काही अदृश्य रूढ आहेत की काय?



रॉबर्ट हुक याने प्रथम योग्य स्पष्टीकरण दिले.

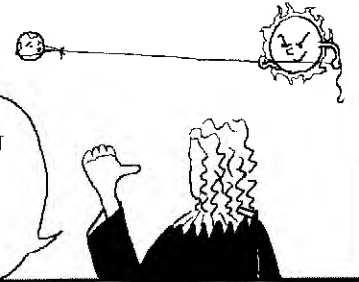


हुकचे तर्क बिनतोड असत, पण गणिती ज्ञानाच्या अभावामुळे या तर्कांना तो शास्त्रीय सिद्धांताचे रूप देऊ शकला नाही.



मला कळतंय काय घडतंय ते. मी जर गणितज्ञ असतो तर....

खरेतर हुकनेच प्रथम गुरुत्वाकर्षण ओळखले...



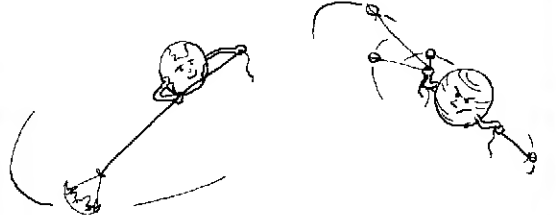
सूर्य ग्रहांना स्वतःकडे आकर्षित करतो.

...आणि अवकाशातील ग्रहगोलांच्या यंत्रणेत गुरुत्वाकर्षणाची असलेली भूमिकादेखील.

असं बल अस्तित्वात नसतं तर ग्रह समगतीने सरूक रेषेत जात राहिले असते. गॅलिलिओने काय सांगितलं होतं ते आठवा.



सूर्याच्याच आकर्षणामुळे ग्रहांचे मार्ग वाकतात आणि लंबवर्तुळाचा आकार घेतात.



फक्त सूर्यच नाही तर इतर ग्रहसुद्धा याच पद्धतीने आपल्या उपग्रहांना आकर्षित करतात.



हुक असेही म्हणाला की लांबच्या वस्तूच्या तुलनेत जवळच्या वस्तूवर गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव जास्त असतो. त्यामुळेच, सूर्यापासून लांब असणाऱ्या ग्रहांच्या तुलनेत जवळचे ग्रह वेगाने फिरतात.

हुकच्या कल्पना पटणाऱ्या होत्या, फक्त त्या कल्पनांना गणिती आधार नव्हता. नशिबाने न्यूटन हा गणितज्ञ याच धर्तीवर विचार करत होता. कालांतराने न्यूटनने अवकाशातील भौतिकशास्त्राची मीमांसा करणारे गणिती सिद्धांत मांडले व त्याला निर्णायक रूप दिले.

गॅलिलिओ व रॉबर्ट हुक यांनी खगोलशास्त्रात केलेले काम आश्वासक होते. पण त्यामुळे अंतराळातील ग्रहगोलांच्या भ्रमणाविषयीची पूर्ण समज येऊ शकली नाही.

केप्लरच्या संशोधनांमुळे निर्माण झालेले वादळ दर्जेदार गणिती स्पष्टीकरणांशिवाय शमू शकले नाही. आता केप्लरचे नियम गणिती अचूकतेने सिद्ध करणाऱ्या भौमितिक सिद्धांतांची गरज होती.

याचे श्रेय आयझॅक न्यूटनला जाते. त्याने केवळ अशा सिद्धांतांच्या सूक्ष्म बारकाव्यांचा अभ्यास केला असे नाही तर त्याला आवश्यक असे गणितही शोधले.

हुकला आंतरिक जाणिवेतून असे वाटत असे की सूर्यापासून आणखी लांब जात राहिले तर गुरुत्वाकर्षणाची ओढ हळूहळू कमी होत जाईल. मग सूर्यापासूनचे अंतर आणि गुरुत्वाकर्षणाची ओढ यामधील अचूक नाते नक्की काय आहे? अजून ते एक रहस्यच होते.

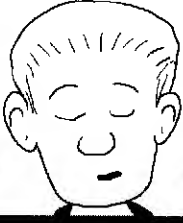
कालांतराने असे लक्षात आले की गुरुत्वाकर्षण हे व्यस्त-वर्गाच्या नियमानुसार असते. या नियमाप्रमाणे गुरुत्वाकर्षणाची ताकद उगमापासून असणाऱ्या अंतराच्या वर्गाच्या प्रमाणात कमी होत जाते.

हे फारच सोपं आहे, अंतर तिप्पट झालं तर ओढ नऊपट कमी होणार.



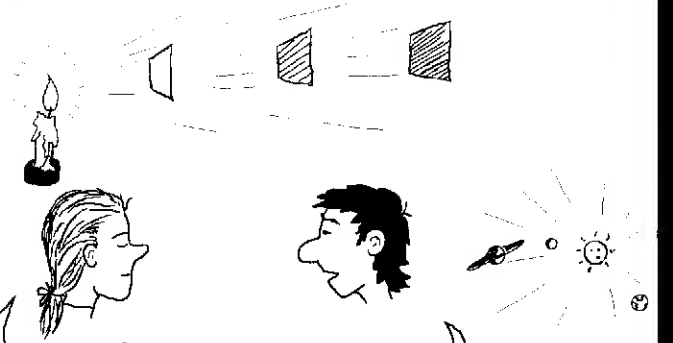
खरा प्रश्न असा होता की गुरुत्वाकर्षणाच्या व्यस्त-वर्ग नियमामुळे लांबवर्तुळ कक्षा निर्माण होऊ शकतात का?

असं असलं तर तो नियम बरोबर.



नाही तर गुरुत्वाकर्षण नक्कीच दुसऱ्या पद्धतीने काम करत असेल.

व्यस्त-वर्ग नियम सहज पटण्यासारखा होता.



सगळ्यांनाच माहित असतं की मेणबत्तीचा प्रकाश अंतराच्या वर्गाच्या प्रमाणात कमी कमी होत जातो. मग गुरुत्वाकर्षणाचंही तसंच नसेल का?

तुला असं सुचवायचं आहे का की सूर्य, प्रकाशाप्रमाणेच गुरुत्वाकर्षणही उत्सर्जित करतो?

रॉबर्ट हुकने दावा केला की गुरुत्वाकर्षणाच्या व्यस्त-वर्ग नियमामुळे लांबवर्तुळाकार कक्षा निर्माण होऊ शकतात. पण त्यासाठी त्याने कोणताही पुरावा दिला नाही.



जमणार नाही.

सरते शेवटी हुक आयझॅक न्यूटनकडे चर्चेसाठी गेला. एव्हाना न्यूटन नामांकित गणितज्ञ म्हणून मान्यता पावलेला होता. दुर्दैवाने या भेटीचे पर्यवसान वादात झाले.

आयझॅक, मला वाटतं मूळ मुद्दाच तुला समजला नाहीये!



याची हिंमत कशी होते माझ्या कल्पनांवर टीका करायची?



न्यूटन खूपच अपमानित झाला. त्यामुळे त्याने या विषयाचा खोलवर अभ्यास सुरू केला.



याचं उत्तर मला शोधलंच पाहिजे आणि मी ते शोधीनच!



हुकशी झालेल्या भेटीनंतर न्यूटनने गुरुत्वाकर्षणाचे नियम मांडले. पण त्याचे निष्कर्ष उघडच केले नाहीत.

हुकश! शेवटी मी ते शोधलेच. आता प्रकाशातील रंगांच्या विषयाकडे पुन्हा वक्यायला मी मोकळा झालो.



सुदैवाने त्याच काळात रॉयल सोसायटीचा तरुण सभासद एडमंड हॅले हासुद्धा अवकाशातील ग्रहगोलांच्या गतीचे भौतिक सिद्धांत या विषयात खूपच रस घेत होता.

हुकने त्याच्या विधानांना पुष्टी देण्यासाठी कोणतेही गणिती तपशील न दिल्याने नाराज झालेला हॅले न्यूटनकडे गेला.

समजा सूर्याने व्यस्त-वर्ग नियमाप्रमाणे जर गुरुत्वाकर्षणाची ओढ निर्माण केली तर ग्रहांच्या कक्षांचा आकार कसा असेल?

अर्थात लंबवर्तुळ.



ही भेट अर्थातच परिणामकारक ठरली. काही दिवसांनंतर न्यूटनने हॅलेला आपल्या गणिती सिद्धांतांचे तपशील असलेले पत्र लिहिले. हॅले खूपच उत्साहित झाला.



अखेर मिळाले!

न्यूटनच्या पत्रात हॅलेच्या कल्पनेपेक्षा जास्त उकल होती, व्यस्त-वर्ग नियम गृहीत धरून न्यूटनचे ग्रहांच्या कक्षा लंबगोल (केप्लरचा पहिला नियम) असून त्यांचा वेग केप्लरच्या दुसऱ्या नियमाप्रमाणे बदलता असतो आणि कक्षीय आवृत्तिकाल तिसऱ्या नियमाप्रमाणे असतो असे दाखवून दिले होते.

न्यूटनच्या उत्तरामुळे दोन हजार वर्षांपासून चालत आलेले संप्रमाचे अधिराज्य संपुष्टात आले. विश्वाचे सुस्पष्ट चित्र उदयाला येऊ लागले. साध्या सरळ नियमावलीनुसार ग्रहगोलांची गती विशद करता येऊ लागली.

एखाद्या दुःस्वप्नातून जाग होण्यासारखं आहे हे सारं!



आयझॅक न्यूटन (इ. स. १६४३-१७२७)



याचा जन्म इंग्लंडमधील. कॅलक्युलस या गणिती शाखेचा शोध हे, शास्त्र जगताला त्याने दिलेले सर्वात मोठे योगदान आहे. (कॅलक्युलसच्या शोधात लेबेनिट्झ या शास्त्रज्ञाचाही वाटा होता असं दावा केला जातो. हा वाद अजून चालूच आहे.)

त्याने गतिशास्त्रविषयक (dynamics) सिद्धांत मांडले ज्यामुळे भौतिकशास्त्राला भरीव व परिपक्व स्वरूप प्राप्त झाले. कॅलक्युलस व गतिशास्त्र वापरूनच खगोलशास्त्राचे पहिले भौतिक सिद्धांत तयार झाले.

त्याने प्रकाशकिरणांचा अभ्यास केला आणि परावर्तन प्रकारच्या दुर्बिणीचा शोध लावला. त्यालाच 'न्यूटोनियन टेलिस्कोप' असे म्हणतात.

न्यूटनच्या सिद्धांतांचे महत्त्व जाणून हॅलेने ते प्रकाशित करण्याचा आग्रह धरला.

न्यूटन अचूकतेचा आग्रह धरणारा होता. अवहेलना व टीका सहन करावी लागू नये यासाठी त्याने अपरिपक्व साहित्य प्रकाशित करणे टाळले.

माफ कर एडमंड. पण हे अजून प्रसिद्ध करण्यायोग्य नाहीये.



खूपच भरीला घातल्यावर शेवटी न्यूटन कबूल झाला व त्याने सिद्धांतांची प्रसिद्धीयोग्य प्रत तयार करण्याचे मनावर घेतले.

बघतो मला काय करता येतंय ते. मात्र याला वेळ लागेल.

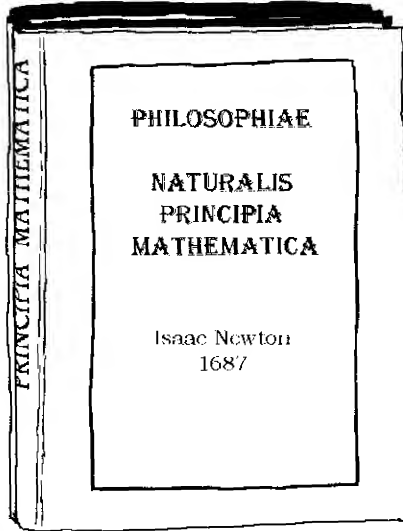


पुढील तीन वर्षे न्यूटनने यावर खूप परिश्रम घेतले आणि एक अत्युत्तम ग्रंथ तयार झाला. त्याचा हा ग्रंथ पुढील दोनशे वर्षासाठी बायबल ठरणार होता.

आता हे नक्कीच प्रसिद्ध करण्याजोगं आहे.



या तीन वर्षांत न्यूटनने मूळच्या नऊ पानी साहित्याचा विस्तार करून एक प्रभावी ग्रंथराज निर्मिला. त्याचे भारदस्त नाव - फिलॉसॉफीये नॅच्युरालिस प्रिंसिपिया मॅथेमॅटिका - नैसर्गिक गणिती सिद्धांतामागचे तत्त्वज्ञान.



प्रिंसिपिया (प्रिंसिपिया) मॅथेमॅटिका किंवा नुसता प्रिंसिपिया या नावाने तो ओळखला जातो. हा तीन खंडांत विस्तारलेला आहे.

थोड्याच काळात प्रिंसिपिया एक अनिवार्य ग्रंथ आणि त्याचा लेखक एक लीजंड ठरला.

पहा किती व्यवस्थित पाया तयार केला आहे गतीच्या तत्वांसाठी. प्रत्येक वस्तूला हे नियम लागू होतात का?

आणि प्रत्येक ग्रह दुसऱ्या ग्रहाला आकर्षित करतो. काय अद्भुत आहे नाही?



मी सांगतो, न्यूटनची वाणी म्हणजे देववाणी आहे!

प्रिंसिपियात तीन गोष्टी सांगितल्या आहेत -

- वस्तूच्या गती नियंत्रित करणारी मूलभूत तत्वे
- या विश्वातील प्रत्येक वस्तू दुसऱ्या वस्तूला कशी आकर्षित करते याची नेमकी माहिती
- या दोन्हींचा एकत्रित विचार करून ग्रहांच्या भ्रमणाची कारणमीमांसा

पहिल्या दोन गोष्टी हुशारीच्या पण तुलनेने सोप्या होत्या. त्यामानाने ग्रहांच्या गती अचूक वर्तवणे हे क्लिष्ट गणिती काम होते. न्यूटनने याचाच श्रीगणेश केला.

प्रथमपासूनच हॅलेने न्यूटनच्या संशोधनात खूप रस घेतला होता. खरेतर प्रिंसिपिया प्रकाशित करण्यासाठी हॅलेने पैसेदेखील पुरवले.

न्यूटनचे संशोधन लोकप्रिय करण्यात हॅलेची महत्त्वाची भूमिका होती. त्यामुळे त्याला खूपच प्रसिद्धी मिळाली.

मी तुझा ऋणी आहे.

मला यात आनंदच आहे. आणि ही तुझी वैयक्तिक प्रत.

गुरुत्वाकर्षणाच्या वैश्विक नियमाप्रमाणे धूमकेतूंनाही लंबवर्तुळ कक्षाच असल्या पाहिजेत. पण आपल्याला धूमकेतू मात्र फक्त येताना किंवा जातानाच दिसतात, असं का?

धूमकेतूचा मार्ग लंबवर्तुळच असू शकेल पण ते अतिदीर्घ असे वर्तुळ असेल. अशा लंबवर्तुळांची दुसरी बाजू आपल्याला दिसू शकत नाही. आपण काही इतके दीर्घायुषी नाही की धूमकेतूच्या परतीचे साक्षीदार होऊ शकू.

हॅलेचा न्यूटनवर खूप विश्वास होता. तो या सिद्धांताचा पडताळा शोधू लागला.

त्याने ऐतिहासिक नोंदींची बरीच बाडे पालथी घातली. अखेर त्याला असा धूमकेतू दिसल्याच्या नोंदीचा क्रम सापडला.

हे स्वरं असेल तर इतिहासातल्या नोंदीवरून असा एखादातरी धूमकेतू मला सापडायला हवा,

जो येत्या काही वर्षांत पुन्हा दिसू लागेल.

होली डॉग! हा पहा एक, दर ७६ वर्षांनी येणारा.

अरेच्या! म्हणजे हा अजून ६ दशकांनी परत येणार, पण तो बघायला मी जगेन का?

हॅलेने वर्तवल्याप्रमाणे १७५८ला धूमकेतू दिसला. ही नक्कीच ऐतिहासिक घटना होती. दुःखाचा भाग म्हणजे हॅले २० वर्षे आधीच कालवश झाला होता.

तो बरोबर होता, हॅले बरोबर होता!

आणि न्यूटनही!

हॅलेने वर्तवल्याप्रमाणे हॅलेचा धूमकेतू दर ७६ वर्षांनी सूर्योजवळ येतो.

आजही हॅलेचा धूमकेतू सर्व जगाचे लक्ष वेधून घेतो. त्याचे आगमन लोकांना आकर्षित करते.

लक्षात ठेवा हॅलेच्या धूमकेतूची पुढची भेट २०६१ साली वर्तवली आहे.

प्रिंसिपियामध्ये सांगितलेले नियम फक्त ग्रहगोलांनाच नव्हे तर पृथ्वीवरच्या सर्व वस्तूंनाही लागू होत असत.

तुला काय म्हणायचंय,  
जर जमिनीने मला पुढे  
ढकललं नाही तर मी  
चालूच शकणार नाही?

बर्फविर चालून पहा बरं,  
मग कळेल मला काय  
म्हणायचंय ते.



लवकरच शास्त्रज्ञांनी आजूबाजूला घडणाऱ्या नैसर्गिक घटना न्यूटनच्या गतीविषयक नियमांच्या आधारे तपासून पाहायला सुरुवात केली.



आणि काय आश्चर्य! ते जे काही शोधत ते सर्व प्रिंसिपियाच्या चौकटीत बसत होते.

त्यामुळे ज्ञानाचा महापूर आला.



विज्ञान आणि तंत्रज्ञान न्यूटनच्या भौतिकशास्त्राच्या छत्राखाली बहरू लागले.

न्यूटनच्या भौतिकशास्त्राने २०० वर्षे भौतिकशास्त्राच्या विविध शाखांवर व अभियांत्रिकीवर अधिराज्य गाजवले. न्यूटनने निसर्गाची गुपिते उघड केली होती. आता लोक वैज्ञानिक पद्धतीने माहिती घेण्यावर विश्वास ठेवू लागले. यापुढे प्रगतीच्या रथाला विज्ञान आणि तंत्रज्ञानच शक्ती देत राहणार हे स्पष्ट झाले होते.

सूर्यमालेत ग्रहांची सूर्यापासूनची अंतरे नियमबद्ध पद्धतीने असलेली दिसतात. पण त्यात सुरुवातीच्या बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ या चार ग्रहांनंतर खूपच जास्त अंतरावर पुढचा गुरू हा ग्रह होता. या नियमबाह्य गोष्टीला काय उत्तर होते?

कदाचित गुरूच्या कक्षेच्या आत एखादा लहान ग्रह असू शकेल जो आपल्या दुर्बिणीतून सुटला असेल.

विश्वाचा निर्माता हुशार आहे. बाहेरचे मोठे ग्रह जर आतल्या लहान ग्रहांच्या जवळ असते तर ते आतल्या लहान ग्रहांच्या कक्षा सहज बदलू शकले असते.

काही लोकांची अशी कल्पना होती की ग्रहांच्या कक्षांच्या आकारानुसार एक क्रम असावा.

पृथ्वीच्या कक्षेचा  $1/10$  भाग हे जर एकक मानलं तर बाकी ग्रहांच्या कक्षा साधारण पूर्णांकात येतात. चढत्या क्रमाने त्या ४, ७, १०, १६, ५२ आणि १०० अशा येत होत्या.

कमाल आहे! जर या मालिकेतील प्रत्येक पूर्णांकाला ४ वजा केले आणि ३ ने भागले तर एक नवाच क्रम मिळतो.  
०, १, २, ४, १६, ३२.

असा सोपा क्रम नक्कीच योगायोगाने असू शकत नाही. खगोलशास्त्रज्ञांचा असा दृढ विश्वास होता की ०, १, २, ४, १६, ३२ या संख्यांच्या मालिकेतील फक्त न सापडणाऱ्या ८ या संख्येचा अपवाद वगळता, बाकी क्रम हा ग्रहांच्या कक्षांच्या आकाराच्या नियमानुसार असावा.

तुला काय म्हणायचंय? न सापडणारा क्रमांक म्हणजे आपल्या दृष्टीपथात तो ग्रह अजून आलेला नाही इतकंच!

निश्चितच. तो प्रथम कोणाला सापडतोय हाच खरा प्रश्न आहे.

हा तो हरवलेला ग्रह नसला म्हणून काय झालं?

तोदेखील मालिकेत बसतोय. शनीच्या पुढे ६४ क्रमांकाशी तो सुसंगत आहे.

तत्त्वतः नव्याने सापडलेला ग्रह युरॅनस, याच्या कक्षेचा आकार नियमात बसत होता हे निश्चितच उत्साहवर्धक होते. त्यामुळे हरवलेल्या मधल्या ग्रहाच्या शोधासाठी जोमाने सुरुवात झाली हे निश्चित.

१८०१ला इटालियन खगोलतज्ज्ञ गुसेपी पियाझीला हरवलेल्या ग्रहाच्या जागेत एक चिमुकली वस्तू फिरताना आढळली. आणखी तीन वस्तू त्याच जागेत पुढील काही वर्षांत आढळल्या.

मला वाटतं हे तुकडे हरवलेल्या ग्रहाचेच असावेत. कोणत्यातरी वैश्विक अपघातात याचे तुकडे तुकडे झाले असावेत.

तसं असेल तर असे बरेच तुकडे असतील. त्यांना न्यूनग्रह (अस्टेरॉइड्स) म्हणू या.

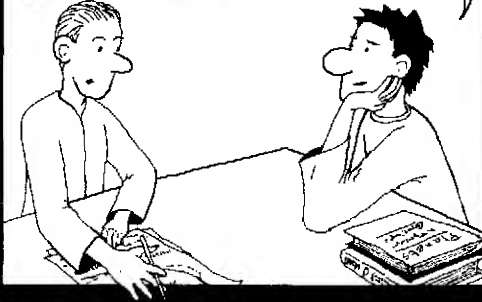
१८९१ पर्यंत ३००हून अधिक न्यूनग्रह सापडले. हे सर्व हरवलेल्या ग्रहाच्या कक्षेत फिरत होते. जी आठ या क्रमांकाशी सुसंगत होती.

आजही नकी कुणालाच न्यूनग्रहांचा उगम माहीत नाही. गुरूच्या विघातक ओढीमुळे या तुकड्यांचा ग्रह तयार होऊ शकला नसावा; असा एक सिद्धांत मोठ्या प्रमाणावर मान्यता पावलेला आहे.

परंतु युरेनसचे भ्रमण कोड्यात टाकणारे होते.

मी सर्व गोष्टी विचारात घेतल्या आहेत. तरी पण अनुमान केलेल्या मार्गावरून युरेनस बाजूला सरकतोय.

कदाचित न्यूटनचे नियम अशा लांबच्या अंतरांसाठी लागू पडत नसतील.



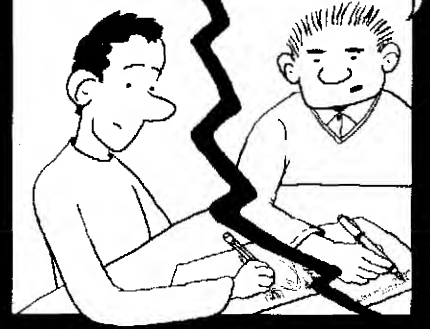
खरोखर सूर्यमालेच्या टोकाला न्यूटनचे सिद्धांत लागू पडतात का, असा नवा प्रश्न आता निर्माण झाला.

कदाचित आपण सर्व गोष्टींचा विचार केला नसेल. अथवा आपण अजून न पाहिलेला असा दुसरा एखादा ग्रह तिथे असेल. आणि तो युरेनसला त्याच्या मार्गापासून बाजूला ओढत असेल.



१८४० मध्ये जॉन कोच अँडॅम्स आणि उर्वेन ली वेरीअर या दोन हुशार गणितज्ज्ञांनी स्वतंत्रपणे अभ्यास सुरू केला.

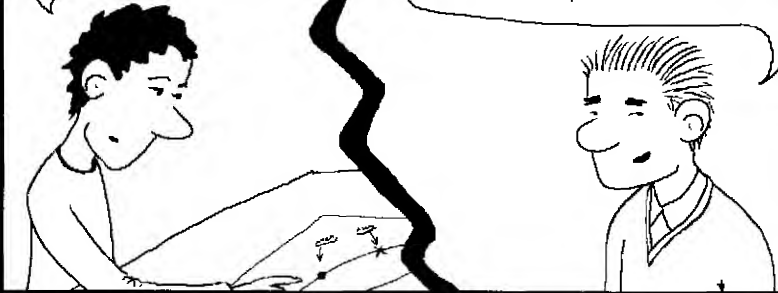
समजा एखादी न पाहिलेली वस्तू युरेनसला त्याच्या मार्गावरून बाजूला नेत असेल तर?



न्यूटनचे सिद्धांत बरोबर आहेत असे गृहीत धरून या दोन्ही गणितज्ज्ञांनी गणित करून अजून एका ग्रहाचा अंदाज वर्तवला.

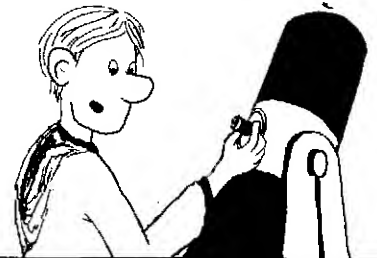
बरोबर. या इथे एखादा ग्रह असलाच पाहिजे.

आशा करू या की तो या दुर्बीनवाल्यांना सापडेल.



१८४६ मध्ये ज्या ठिकाणी गणितज्ज्ञांनी ग्रहाचे अनुमान केले होते, बरोबर त्याच ठिकाणी एक नवा ग्रह सापडला.

हे सर्व इतके उत्साहवर्धक आहे, मी पुन्हा कधीही न्यूटनच्या सिद्धांतावर अविश्वास दाखवणार नाही.



नेपचून (हे नवीन शोधलेल्या ग्रहाचे नाव होते) या ग्रहाचा शोध हा न्यूटनच्या सिद्धांताच्या सफलतेचा परमोच्च क्षण होता.

काय नवल आहे पहा! एक गणितज्ज्ञांची जोडी, फक्त टेबलाजवळ बसून न पाहिलेल्या ग्रहांचे अगदी अचूक अनुमान बांधू शकते, अन तेही अगदी काटेकोरपणे!



नेपचूनचा शोध नाट्यपूर्ण होता. पण त्याचा युरेनसच्या मार्गाभ्रष्ट होण्याशी काही संबंध जोडता येत नव्हता. जी काही तफावत शिल्लक होती ती दुसऱ्या न पाहिलेल्या ग्रहाशी संबंधित असावी असे मानले जाऊ लागले.

साहजिकच खगोलतज्ज्ञ या नवल्या ग्रहाची सूर्यमालेतील जागा शोधू लागले. १९३० साली एक लहान गोल (चंद्राच्या १/५ आकाराचा) साधारण ज्या ठिकाणी अनुमान बांधले होते त्या ठिकाणी सापडला. त्याला प्लूटो असे नाव दिले.

आज आपल्याला माहीत आहे की युरेनसचा मार्ग लक्षात येण्याइतपत बदलण्याएवढा, प्लूटो हा ग्रह मोठा नाही.

अनुमान केलेला मार्ग आणि प्रत्यक्षातला मार्ग यातील तफावत ही नेपचूनच्या आकारमानाचा अंदाज चुकीचा असल्यामुळे होती. आश्चर्यकारक योगायोगाने चुकीच्या आकडेमोडीमुळे जिथे अनुमान केले होते त्या ठिकाणी प्लूटो सापडला.

प्लूटो ग्रह नसून नेपचूनच्या पलीकडे फिरणाऱ्या अनेक लघुग्रहांपैकी एक आहे हे २००६ पासून सर्वमान्य झाले आहे.

न्यूटनचे भौतिकशास्त्र चांगले २०० वर्षे प्रचलित होते.

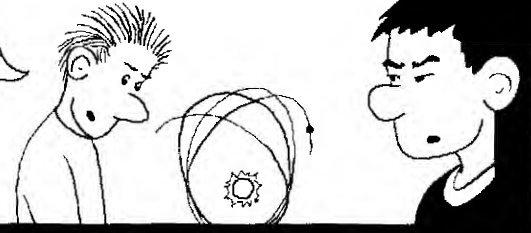
टॉलेमीने उपभोगलेल्या १५०० वर्षांच्या साम्राज्याच्या तुलनेत ही २०० वर्षे काहीच नसली तरी, न्यूटनच्या सिद्धांतांनी मानवाला ज्ञात असलेल्या जवळजवळ सर्वच नैसर्गिक घटनांतील भौतिकशास्त्र उलगडायला मदत केली आहे.



नेपचूनच्या शोधानंतर आणखी एका नेहमीपेक्षा वेगळ्या गोष्टीने खगोलतज्ज्ञांचे लक्ष वेधून घेतले. ते म्हणजे बुधाची कक्षा.

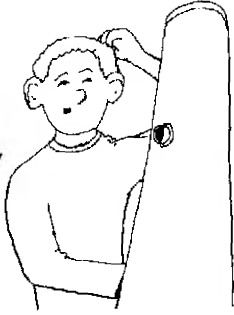
पहा बुधाची कक्षा कशी बदलते आहे. सर्व माहीत असलेल्या ग्रहांच्या एकत्रित ओढीमुळेसुद्धा असे घडणे शक्य नाही.

तुला असं सुचवायचं आहे का की अजून न सापडलेला नेपचूनसारखा एखादा ग्रह आहे?



काही लोकांच्या कल्पनेप्रमाणे, चिमुकली कक्षा असणारा एखादा ग्रह असावा जो सूर्याच्या तेजामुळे दिसू शकत नव्हता. या काल्पनिक ग्रहाचे नाव व्हल्कन ठेवले होते.

शपथेवर सांगतो मी काल व्हल्कन बघितला. कुणास ठाऊक आज कुठे गेला?



असे अनेक चुकीचे दावे नोंदले गेले. पडताळा मात्र आला नाही.

१९१५ मध्ये प्रसिद्ध जर्मन शास्त्रज्ञ अल्बर्ट आइनस्टाइन याने गुरुत्वाकर्षणाचा नवा व्यापक सापेक्षतेचा सिद्धांत मांडला. ही गुरुत्वाकर्षणाकडे पूर्णतः नव्या दृष्टीने बघणारी पद्धत होती. आइनस्टाइनच्या सिद्धांतानुसार न्यूटनचा खगोलशास्त्राचा सिद्धांत अंशतःच बरोबर होता.

एक मिनिट थांब. आइनस्टाइनच्या मताप्रमाणे सर्व लंबगोल कक्षा बुधाच्या कक्षेसारखा आपला कोन बदलतात.



बुधाच्या कक्षेच्या कोनात होणारा बदल आइनस्टाइनच्या सिद्धांताशी जुळतो. मी स्वतः सर्व गणित तपासलं आहे.



आइनस्टाइनच्या व्यापक सापेक्षता सिद्धांतामुळे दुसरा ग्रह शोधण्याची गरज संपली. व्हल्कन काल्पनिकच राहिला.

न्यूटनचा सिद्धांत इथे कमी पडला. धन्यवाद आइनस्टाइन! आम्ही वेळीच सावरलो!

नवा ग्रह सापडला असता तर छान वाटलं असतं! स्वरंतर व्हल्कन हे नाव मला आवडलं होतं!



न्यूटनचे सिद्धांत अंशतःच बरोबर होते हे पचवायला जरा जडच होते. पण पुरावा ते मान्य करायला भागच पाडत होता. ह्याशिवाय आइनस्टाइनचा सिद्धांत मनोवेधक होता. त्याच्या मताप्रमाणे अवकाश व काळ (वेळ) हे एखाद्या वस्त्राप्रमाणे एकत्र विणलेले आहेत. गुरुत्वाकर्षण हे मुळी बल नव्हेच. अवकाश व काळ या वस्त्रांमुळे निर्माण झालेला तो बलसदृश भ्रम आहे, जो मुक्तपणे भ्रमण करणाऱ्या वस्तूचा मार्ग बदलतो.

त्याचा तात्त्विक वाद असा होता की अवकाश-काल याची वीण ही प्रकाशाचा मार्गसुद्धा बदलते. या घटनांना गुरुत्वाकर्षणाचे भिंग असे म्हणता येईल. ते काळजीपूर्वक तपासले असता आइनस्टाइनच्या गणिताशी बरोबर जुळत होते. हळूहळू व्यापक सापेक्षतेचा सिद्धांत हाच खगोलीय घटना समजण्यासाठी सर्वोत्तम सिद्धांत आहे हे मान्य झाले.

जवळजवळ एक शतक झाले तरी अजूनही आइनस्टाइनचा गुरुत्वाकर्षणाचा सिद्धांत धड मुळे रोवून उभा आहे. अवकाशातील गती समजण्यासाठी अजूनही हा सिद्धांत सर्वोत्तम आहे.



केप्लरने ग्रहांच्या कक्षांचे मूलभूत स्वरूप वर्णन केले. न्यूटनच्या गणिताने त्यात दडलेले भौतिक विज्ञान उलगडले.



यातून ग्रहांबद्दल कळतंय पण त्या ताऱ्यांचं काय?

छे रे! ग्रहांपेक्षा ताऱ्यांचं अनुमान चांगलं बांधता येतं. तारे काय, अनंतकाक एका ठिकाणीच राहतील.

अगदी खगोलशास्त्राच्या इतिहासाच्या सुरुवातीपासून दोन गोष्टी फार काही बदलल्या नव्हत्या.

चांदण्या किती चिमुकल्या आणि सुंदर आहेत नाही?

हो ना, आणि त्या एका घुमटाच्या आत चिंकटल्या आहेत.



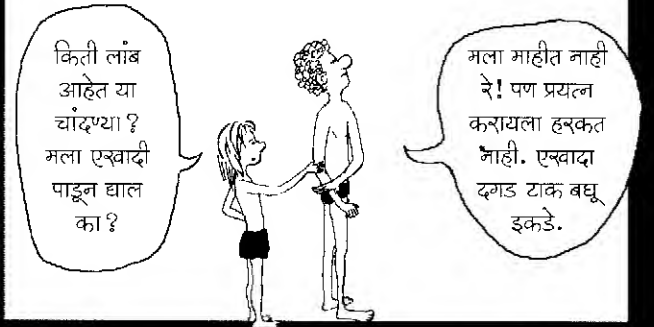
ताऱ्यांच्या ठरावीक मांडणीच्या पायावर ग्रहांचा संपूर्ण अभ्यास बेतलेला होता. पण तारे स्वतः मात्र मानवी मनात कुतूहल जागृत करू शकले नाहीत.



तारे सुंदर पण कंटाळवाणे आहेत.

पण ते बरेच उपयोगी आहेत.

तारे पृथ्वीपासून किती दूर आहेत, हा स्वाभाविक प्रश्न निर्माण होई. पण त्याचा खरोखरच काही अंदाज नव्हता.



किती लांब आहेत या चांदण्या? मला एखादी पाईन घाल का?

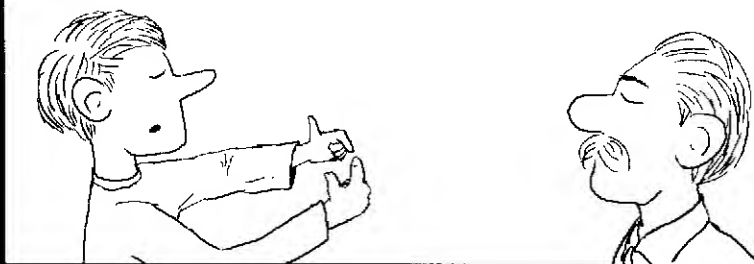
मला माहीत नाही रे! पण प्रयत्न करायला हरकत नाही. एखादा दगड टाक बघू इकडे.

पृथ्वी आणि तारे यांमधील अंतर कळेल असे कोणतेही निरीक्षणात्मक पुरावे उपलब्ध नव्हते. खगोलतज्ज्ञ स्वतःचे अंदाज बांधत, अगदी काहीही.

कोपर्निकसच्या सूर्यकेंद्री विश्वाच्या सिद्धांतातून याला निश्चित दिशा मिळाली.

ताऱ्यांचा घुमट सगळ्या ग्रहांच्या पलीकडे आहे. नाही तर ग्रह ताऱ्यांवर आपटत राहिले असते. हो की नाही?

मला मान्य आहे. पण मी ताऱ्यांना सर्वात लांबचा ग्रह शनीच्या पलीकडे टाकलं असतं.



पृथ्वी जर सूर्याभोवती फिरताना प्रचंड अंतर कापते तर आपल्याला ताऱ्यांच्या मांडणीत फरक पडताना (पराशय \*) कसा दिसत नाही?

मलाही तेच कळत नाही. कदाचित पृथ्वीची कक्षा ताऱ्यांच्या अंतरापेक्षा अगदीच नगण्य असेल.



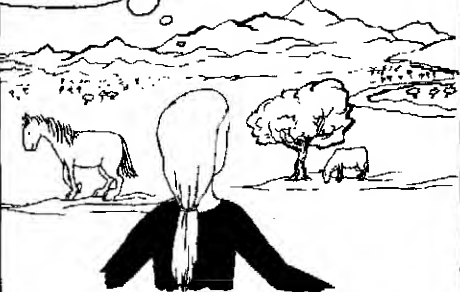
\* पराशय म्हणजे काय...

## पराशय...

कधी खिडकीच्या चौकटीत दिसणारे दृश्य, तुम्ही डोके हलवल्यावर हलताना पाहिले आहे का?

पराशय हा जवळच्या आणि लांबच्या वस्तूंबाबत असतो. तुम्ही ज्या ठिकाणाहून बघता ती जागा बदलताच तुम्हांला दिसणारे दृश्य त्याची जागा बदलताना दिसते. हा बदल, वस्तूच्या तुमच्यापासून असलेल्या अंतरावरदेखील अवलंबून असतो.

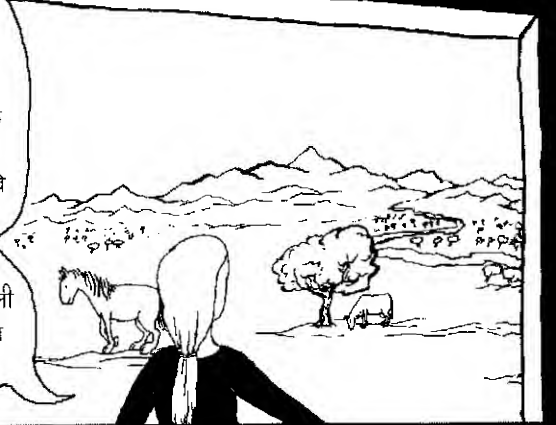
नक्कीच हा दृष्टिभ्रम आहे.



खरोखरच हा दृष्टिभ्रम आहे. यालाच पराशय म्हणतात.

हो, मी माझं डोकं डावी-उजवीकडे असं हलवलं तर ते टेकाड, झाड आणि घोडा जवळ आल्यासारखे किंवा बाजूला सरकल्यासारखे दिसत आहेत.

पण ते झाड आणि त्याखाली चरणारी गाय मात्र एकत्र हलतीये.



आपल्या दोन डोळ्यांना दोन वेगवेगळ्या प्रतिमा दिसतात कारण ते जगाकडे दोन वेगवेगळ्या ठिकाणांतून बघत असतात.

मी जेव्हा एखादं दृश्य फक्त डाव्या डोळ्याने व नंतर फक्त उजव्या डोळ्याने पाहतो तेव्हा काय होतं?



समोरील दृश्यातील काही वस्तूंची जागा बदललेली दिसते. दोन्ही डोळ्यांची आलटून पालटून उघडझाप करून किंवा डोकं डावी-उजवीकडे हलवून तोच परिणाम साधला जातो.

पराशय फार उपयुक्त आहे. वस्तूंच्या सापेक्ष स्थानातील बदलांमुळे आपल्यापासून त्या किती लांब आहेत हे कळू शकते.

पराशय वापरून तुला अंतर सांगता येतील?



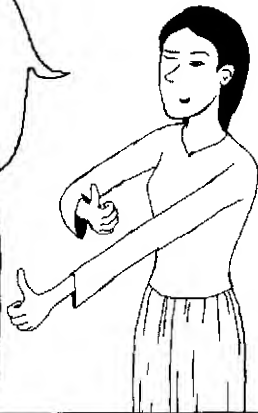
हो खात्रीने. आपण सगळे त्यात तज्ज्ञ आहोत. एक डोळा बंद कर.

आणि माझ्या बोटाला तुझ्या बोटाचे स्पर्श कर. आणि आता दोन्ही डोळे उघडे ठेवून तसंच कर पाह.

तुमचे दोन्ही अंगठे तुमच्या नाकाच्या सरळ रेषेत धरा. एक नाकाजवळ आणि दुसरा लांब. डाव्या-उजव्या डोळ्यांची आलटून पालटून उघडझाप करा.

मी डाव्या डोळ्याने पाहिलं की मला माझा डावा अंगठा उजव्या अंगठ्याच्या डाव्या बाजूला दिसतो.

ज्या क्षणी मी उजव्या डोळ्याने बघते त्या क्षणी तो उजव्या अंगठ्याच्या उजव्या बाजूला सरकलेला दिसतो.



हा पराशय म्हणजे जाम गोंधळाचं काम आहे.



पण तरीसुद्धा उपयोगी.

आपल्या दोन्ही डोळ्यांत तयार होणाऱ्या प्रतिमांवर आपल्या मेंदूत प्रक्रिया होते व अंतराचा अंदाज बांधला जातो. दोन प्रतिमांच्या एकत्रीकरणाला 'द्विनेत्री दृष्टी' (स्टिरेओ-व्हिजन) म्हणतात. ज्यामुळे आपल्याला हे जग त्रिमित दिसू शकते.



वरील चित्रातील दोन खिडक्यांच्या मधील एका बिंदूवर नजर केंद्रित करा. आता केंद्रबिंदू हळूहळू आपल्यापासून लांब न्या. एका विशिष्ट क्षणी तुम्हांला तीन खिडक्या दिसू लागतील. पहा बरे, मधल्या खिडकीत तुम्हांला काय दिसते?

आपली 'द्विनेत्री दृष्टी' जवळच्या वस्तूंच्या अंतराचा अंदाज बांधण्यासाठी उपयुक्त आहे. पण ती साधारण एक किलोमीटर अंतराच्या पलीकडील वस्तूंच्या अंतराचा अंदाज वर्तवू शकत नाही.



चंद्राची त्याच्या वाटेत येणाऱ्या चांदण्यांशी टक्कर होत नाही का?

चंद्रापेक्षा चांदण्या खूपच लांब आहेत. त्यामुळे चंद्राची अन् चांदण्यांची टक्कर होणं शक्य नाही.

ग्रीक लोक एखाद्या दृश्याचे, आपल्या डोळ्यांमध्ये असलेल्या अंतरापेक्षा खूपच जास्त अंतर असलेल्या दोन स्थानांवरून निरीक्षण करायचे. या प्रतिमांची तुलना करून ते द्विनेत्री दृष्टीच्या क्षमतेच्या पलीकडे असणाऱ्या वस्तूंच्या अंतराचा अंदाज बांधायचे.

जहाज दीपगृहाशी ३२ अंशाच्या कोनात आहे.

या इथून मात्र ते ३२ अंश आणि २० मिनिटांच्या\* कोनात आहे.



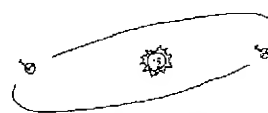
जरा थांब हं ... म्हणजे ते किनाऱ्यापासून सहा मैल दूर आहे.

अंतराळातील अंतरे पराशय वापरून मोजायची असतील तर आपल्याला एकमेकांपासून हजारो कि. मी. लांब असणारी दोन ठिकाणे निरीक्षणासाठी निवडावी लागतील.

दोन निरीक्षणांची तुलना करा. एक संध्याकाळी उशिरा घेतलेले व दुसरे लवकर पहाटे घेतलेले. पृथ्वीच्या भ्रमणाने रात्रभरात तुम्हाला हजारो किलोमीटर लांबवर नेऊन पोचवले असेल.



काय भन्नाट कल्पना आहे! मग आता जर सहा महिन्यांच्या अवधीने घेतलेल्या निरीक्षणांची तुलना केली तर? पृथ्वीची सूर्याभोवतीची अर्धी फेरी तोपर्यंत झाली असेल.



एक किलोमीटरपेक्षा लांब असणाऱ्या वस्तू आपल्या दोन्ही डोळ्यांना साधारण सारख्याच अंतरावर दिसतात.

१. फार तर आपण एवढेच सांगू शकतो की त्या वस्तू खूपच लांब आहेत.  
२. अवकाशातील ग्रहगोलांची अंतरे कळण्यासाठी आपल्याला आपल्या द्विनेत्री दृष्टीचा उपयोग होत नाही.

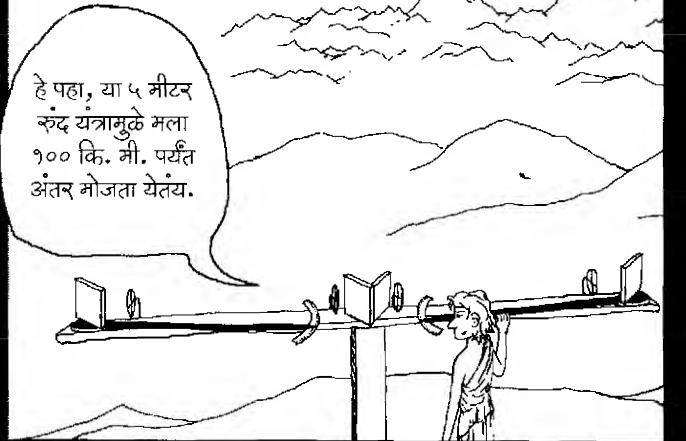
पुरातनकाळी ग्रीकांनी भूमितीवर प्रभुत्व मिळवले होते. पराशयाचा वापर करून दूरवरची अंतरे ते मोजत असत.

हे द्विनेत्री दृष्टीइतकं अचूक नाहीये पण तरीसुद्धा फारच परिणामकारक आहे.



दृश्य निरीक्षणासाठी निवडलेल्या दोन बिंदूंमध्ये अंतर जेवढे जास्त तेवढी जास्त दूरची अंतरे मोजता येत.

हे पहा, या ५ मीटर रुंद यंत्रांमुळे मला १०० कि. मी. पर्यंत अंतर मोजता येतंय.



याला **वार्षिक पराशय** म्हणतात. पूर्वी, जेव्हा पृथ्वीच्या कक्षेची लांबी माहीत नव्हती तेव्हा वार्षिक पराशयामुळे फक्त तुलनात्मक अंतरे कळत.

माझ्या गणितानुसार शनीची कक्षा पृथ्वीच्या नऊपट आहे. म्हणजेच १८ ए.यू.\* कारण पृथ्वीची कक्षा २ ए.यू. आहे.

आणि २ ए.यू. एवढ्या प्रचंड अंतरावरूनसुद्धा तारकीय पराशय काही दिसलेला नाही!

आज आपल्याला माहीत आहे की तारकीय पराशय लक्षात येण्याइतकी काही पृथ्वीची कक्षा मोठी नाही.

तारे खरोखरच खूप दूर होते... तरी शोध चालूच राहिला.

\*ए.यू. - खगोलीय एकक (अस्ट्रॉनॉमिकल युनिट). पान ४२ पहा.

अखेरीस एका चमत्कारिक खगोलीय घटनेमुळे खगोलशास्त्रज्ञांचे लक्ष ताऱ्यांकडे वेधले गेले.

काय तेजस्वी तारा आहे.  
शपथेवर सांगतो काल हा इथे  
नव्हता.

मला वाटत होतं हा  
चांदण्यांचा मंडप कधीच  
बदलत नाही.

एक तेजस्वी तारा टायकोला १५७२ मध्ये सापडला होता. त्याला त्याने 'नोव्हा' म्हणजे नवा तारा असे नाव दिले होते.

अरेच्या... तो नोव्हा कुठे  
गेला ?

तो आला तसाच गेला  
असं दिसतंय.

पुढील दशकात अनेक नोव्हे (नोव्हाचे अनेकवचन) सापडले. त्यातले अनेक थोड्याच दिवसांत अदृश्य होत. काही मात्र दिसेनासे होत आणि पुन्हा दिसायला लागत.

खगोलशास्त्रज्ञांचे लक्ष या तारकीय घटनांकडे वेधले गेले. दुर्बिणीच्या नव्याने लागलेल्या शोधामुळे मोठाच फायदा झाला.

हे काहीतरी वेगळंच  
आहे. या ताऱ्यांचं तेज  
सारखं बदलतंय.

काहींचे तर  
स्वात्रीने.

खगोलशास्त्रज्ञांच्या नजरेतून या घटना कशा काय निसटल्या? एक तर कोणत्याही तेजस्वी ताऱ्यात बदल होत नव्हता. त्यामुळे दुर्बिणीचा शोध लागण्याआधी तेजस्वितेत होणारा बदल लक्षात येणे अवघडच होते. दुसरे म्हणजे टॉलेमीच्या काळापासून ताऱ्यांचा नकाशा कधीच बदलत नाही असे मानले जात होते. मग या न बदलणाऱ्या ताऱ्यांकडे डोळे लावून बसण्यात कशाला वेळ घालवायचा. नोव्हांमुळे मात्र सर्व काही बदलले. खगोलतज्ज्ञ परत ताऱ्यांच्या अभ्यासाकडे वळले.

आणि एकदा शास्त्रज्ञांनी अशा तारकीय घटना शोधायला सुरुवात केल्यावर त्यांना असे नोव्हे मुबलक प्रमाणात सापडले. अशा बदलणाऱ्या ताऱ्यांनी हे विश्व भरले होते.

काही तारे अकस्मात बदलायचे तर काही मात्र ठरावीक काळाने पुनःपुन्हा बदलत असायचे. तिथे सतत काहीतरी चालू होते. या तारकीय घटनांमुळे शास्त्रीय षतुंळात उत्साह पसरला. अनेक खगोलतज्ज्ञांनी याचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी वेगवेगळ्या शक्यता वर्तवल्या.

तारे आपल्या  
सूर्यासारखेच आहेत,  
फक्त खूपच दूर आहेत.

आणि कुठल्यातरी  
प्रकारच्या सौर डागांमुळे  
हे तारे कधीकधी मंदपणे  
चमकतात.

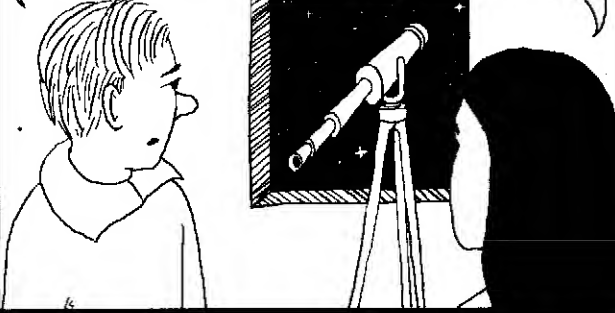
काही ताऱ्यांभोवती ग्रह फिरत  
असतील आणि त्यांना ठरावीक  
काळाने ग्रहण लागत असतील.

लंबवर्तुळ कक्षा असणारे आणि  
एकमेकांभोवती फिरणारे असे  
दोन तारे मला सापडलेत.

तारकीय पराशयाचे निरीक्षण करून काहीच उपयोग नव्हता. मधल्या काळात इतर बाबतीत बराच विकास झाला.

अंतरं मोजायची तर पराशयाला तोडच नाही.

शंकाच नाही. पण आपण पुढे जात राहायलाच हवे.



१८५०च्या मध्यात डच भौतिकतज्ज्ञ ख्रिस्टिआन हायगेन्सने पृथ्वी व व्याधतारा यांच्यामधील अंतराचे अनुमान काढले.

व्याध तारा सूर्यासारखाच प्रखर आहे असं गृहीत धरलं तर, सध्या दिसतो तितका सौम्य दिसण्यासाठी तो किती दूर असेल बरं?

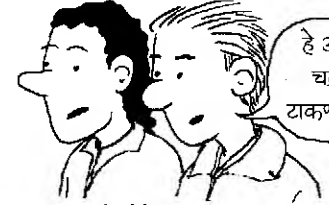


माझा अंदाज असा आहे की सूर्याच्या ३०,०००पट लांब! कल्पना करायला हे जरा अवघडच आहे.

हायगेन्सच्या गृहितकांना काही पायाच नव्हता. आणि त्याची पद्धतमुद्धा अगदीच निराधार होती. पण त्याच्या अंदाजामुळे हे विश्व किती अवाढव्य आहे याची जाणीव मात्र लोकांना झाली.

अशाच गृहीतांच्या आधारे न्यूटननेसुद्धा व्याधाच्या अंतराचा अंदाज वर्तवला होता.

माझं गणित बरोबर असेल तर व्याध सूर्यपेक्षा लक्षावधी पट लांब आहे.



हे अगदीच चक्रावून टाकणारं आहे.

न्यूटनच्या जवळच्या समविचारी मित्रांना हे माहीत होते. तेसुद्धा आश्चर्यचकित झाले होते.

१६७१ मध्ये गियोवानी कॅसिनी या इटालियन-फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञाने पृथ्वी व मंगळ यांच्यातले अंतर शोधले.

लक्षात येतंय का, म्हणजे आपण आता ग्रहमालेतल्या सगळ्या अंतरांचा हिशोब करू शकतो.

कारण त्यांच्यातला अंतराचा संबंध आपल्याला आधीच माहीत आहे.



सूर्य आपल्यापासून १५०,०००,००० किलोमीटर लांब आहे? चल डोकं फिरवू नकोस.

आणि ओळख पाहू शनीची कक्षा किती मोठी आहे ते. २,०००,०००,००० कि. मी. पेक्षा जास्त.



१५० दशलक्ष कि. मी., २ अब्ज कि. मी. ही अंतरं, अगदी डोके चक्रावून टाकणारी होती.

जर आपला सूर्य ग्रह आणि सूर्यमालाच इतकी प्रचंड आहे, तर हा ताऱ्यांचा घुमट किती मांडा असेल! न्यूटनने हा तारका गोल जवळपास २,०००,०००,०००,०००,००० कि. मी. एवढा असावा असा अंदाज वर्तवला होता.

गृहीत धरल्यानुसार खरेच सगळ्या चांदण्या या आकाशाच्या घुमटाला चिकटलेल्या होत्या, की आपल्यापासून वेगवेगळ्या अंतरावर विखुरलेल्या होत्या? म्हणूनच लांबच्या चांदण्या फिकट दिसतात का? असे असले तर हे विश्व नक्की आहे तरी किती मोठे...?

विश्व अवाढव्य आहे, हे कोणीही मान्य करेल. पण नक्की किती? ऐतिहासिक काळापासून लोकांचे वेगवेगळे समज होते.

हे जग प्रचंड आहे. त्याच्या अंतापर्यंत पोचायला १००० दिवस चालावं लागेल.

स्वरंच! मला असं सांगितलं गेलंय की पृथ्वी एक चेंडूसारखी आहे, आणि हे विश्व त्याच्या सर्व बाजूंनी लक्षावधी किलोमीटरपर्यंत पसरलेलं आहे.

आपली सूर्यमाला म्हणजे आकाश-गंगेतल्या धुळीच्या कणासारखी आहे ना?

आपल्या कल्पनेपेक्षा हे विश्व खूपच मोठे असावे असा निष्कर्ष लोकांनी इतिहासात अनेक वेळा काढला होता. तो निष्कर्ष प्रत्येक वेळेला त्यांच्या कल्पनेला आव्हानच ठरत होता.

सूर्य आपल्यापासून १५०,०००,००० कि. मी.वर आहे. म्हणजे नक्की किती लांब?

ते माझ्या विचारशक्तीच्या पलीकडेचे आहे. मला कल्पना करता येत नाही. त्यातून मी शून्य मोजण्यात कच्चा आहे.

इतर अनेक भौतिक परिमाणांप्रमाणे, मोठी अंतरेही नेहमी वापरल्या जाणाऱ्या लांबीच्या एकाकांच्या भाषेतच सांगितली जायची.

हे बंदर खूपच विस्तीर्ण वाटतंय. या टोकापासून त्या टोकापर्यंत कमीतकमी ५००० हात तरी असावे.

कोलंबस, तू जहाजांच्या लांबीच्या पटीत का बोलत नाहीस रे?

अंतरं मोजण्याची एकके, ज्याची लांबी मोजायची असेल त्यानुसार बदलतात.

६० इंच? अशक्य!

...आणि ही पहा ७२ मीटर्स एवढी गगनचुंबी उंची!

दिल्ली अजून किती मैल आहे?

सूर्यमालेचा सूक्ष्म अभ्यास चालू असताना सूर्य व पृथ्वी यांच्यातले अंतर हे एक नैसर्गिक एकक म्हणून अंतर व्यक्त करण्यासाठी वापरले गेले. या अंतराला खगोलीय एकक (अस्ट्रॉनॉमिकल युनिट) ए.यू. असे म्हटले जाते.

तुला माहीत आहे, पृथ्वीच्या कक्षेचा व्यास २ ए.यू. आहे.

अहो मिस्टर, माहिती असलेल्या गोष्टी काय सांगताय? तुम्हांला माहिती आहे का, शनीची कक्षा १८ ए.यू. आहे.

गमतीचा भाग म्हणजे, खगोलीय एकाकाचीच लांबी, ते वापरात आले तेव्हा माहिती नव्हती. सूर्यमालेतल्या अंतरांची गुणोत्तरे माहीत असल्यामुळे खगोलीय एककामुळे काम भागत होते. पुढे १६७२मध्ये ए.यू. ची प्रत्यक्षातली लांबी माहीत झाली. तेव्हापासून ए.यू. हे एकक सूर्यमालेशी जोडले गेले आहे.

बापरे बाप! एक ए.यू. म्हणजे १५०,०००,००० कि. मी. लांब! याचा अर्थ सूर्यमाला २,७००,०००,००० कि. मी. आहे.

खूपच मोठं अंतर आहे! पण तरीही फक्त १८ ए.यू.च आहे.\*

\*१७व्या शतकात सूर्यमाला शनीपर्यंतच मानलेली होती.

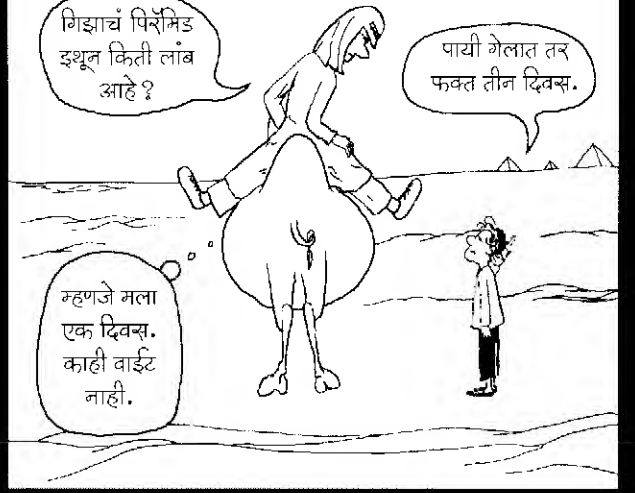


दोन ग्रहांमधील अंतर मोजण्यासाठी ए.यू. खूपच चांगले एकक होते. पण अंतराळातील इतर अंतरांचे काय?



दूरच्या ताऱ्यांची अंतरे मोजण्यासाठी एका नव्या एककाची तातडीने गरज होती. कोणते असेल बरे ते?

मानव स्वभावतःच भटक्या आहे. अगदी आपल्या भटक्या जीवनशैलीपासून आपण अंतराचे गणित वेळेत मोजायचो.



प्रवासाला लागणाऱ्या वेळात अंतर व्यक्त करायची पद्धत अजूनही चांगलीच प्रचलित आहे.



\*या संदर्भात बसने.

खगोलीय अंतरांच्या बाबतीत आपण प्रवासाच्या वेळात बोलू शकू का?



असा जर कोणी असेल, जो विश्वात प्रवास करू शकतो आणि आपल्या परिचयाचाही, तर तो म्हणजे 'प्रकाश'.

प्रकाश भयंकर वेगाने प्रवास करतो. प्रकाश किती वेगाने प्रवास करतो हे शोधण्यासाठी शास्त्रज्ञांनी अनेक प्रयोग केले.



प्रकाश एका वर्षात जेवढे अंतर जाऊ शकतो त्याला एक प्रकाशवर्ष म्हणतात. अंतराळातील अंतरे मोजण्यासाठी हे एकक फारच उपयुक्त ठरले.



एका सेकंदात प्रकाश पृथ्वीभोवती सात वेळा फिरू शकतो. कल्पना करा एका वर्षात तो किती दूर जाऊ शकेल? साधारणपणे ७,०००,०००,०००,००० कि. मी. किंवा ६०,००० ए.यू.



खगोलशास्त्रा  
अवकाशातला  
पराशय शोधत होत  
तांवर दुसरी  
महत्वाचा प्रगती  
चालू होती.

१७२८ मध्ये जेम्स ब्रॅडलेने दाखवून दिले की...

जर पृथ्वी अंतराळात वेगाने प्रवास  
करत असेल, तर आपल्यापर्यंत  
पोचणारा प्रकाश हा प्रत्यक्षात ज्या  
कोनातून आला असता त्यापेक्षा  
वेगळ्या कोनात येतो. यामुळे  
आपल्या निरीक्षणात आपल्याला  
आकाशातल्या ग्रहगोलांच्या जागा  
किंचित बदललेल्या दिसून येतील.

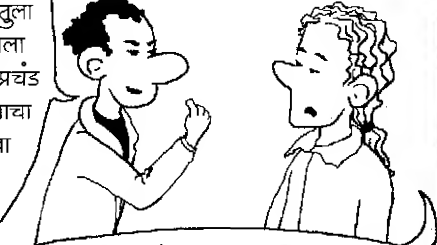


तुमच्या कधी लक्षात आले आहे का? पाऊस जरी सरळ पडत  
असला तरी, तुम्ही पळत जात असाल तर पाऊस तिरका पडतोय  
असे वाटते.



पूर्वीच्या निरीक्षणांच्या नोंदींचा काळजीपूर्वक अभ्यास केल्यावर लक्षात  
आले की अवकाशातल्या ग्रहगोलांच्या जागेत खरेच सूक्ष्म फरक होतो.  
ज्यामुळे पृथ्वीचा सूर्याभोवती फिरण्याचा संकेत मिळतो.

ब्रॅडले स्वयं बुद्धिमान  
आहे. कळलं का तुला  
आता? आपल्याला  
पृथ्वी अवकाशात प्रचंड  
वेगाने फिरतेये याचा  
वैज्ञानिक पुरावा  
मिळाला.



आता यातला वाईट भाग असा की आपल्याला  
आपल्या नोंदी परत तपासायला हव्यात, आणि हा  
जागेत होणारा फरक नोंदवायला हवा.

१७४८ मध्ये चुकीचा आणखी एक उगम सापडला.

पृथ्वीच्या परिवलनाचा अक्ष स्वतःच  
हळूहळू फिरतोय.

आता काही सांगू नकोस. आता  
पुन्हा एकदा सगळ्या दुरुस्त्या  
कराव्या लागतील.



कितीही वैताग  
येत असला तरी.  
त्यांनी चुका  
दाखवून  
दिल्यामुळे  
खगोलशास्त्राची  
प्रगतीच होत  
जाणार आहे.

धांबण्याचा फायदाच झाला. फ्रेडरिक बीसेल या जर्मन  
खगोलतज्ज्ञाने १८३८ मध्ये अंतराळातील पराशय  
शोधला.

हा पराशयच आहे.  
अगदी छोट्या, पण  
स्वातंत्र्ये.



याचा अर्थ चांदण्या  
स्वयंच फार फार लांब  
आहेत.

दुर्बिणीच्या  
आधुनिकीकरणाशिवाय हा  
अंतराळातला पराशय  
बीसेलच्या नजरेत आलाच  
नसता. आणि अर्थातच  
त्याच्या नशिबाने नेमका  
असा तारा त्याच्या  
निरीक्षणात आला  
ज्याच्यात पराशय सापडणे  
सहज शक्य होते.

आणि मग काय, खगोलशास्त्रज्ञांची टोळीच ताऱ्यांचा पराशय  
शोधायला आणि मोजायला लागली.

तरी पण बहुसंख्य  
ताऱ्यांमध्ये पराशय  
दिसत नाही.



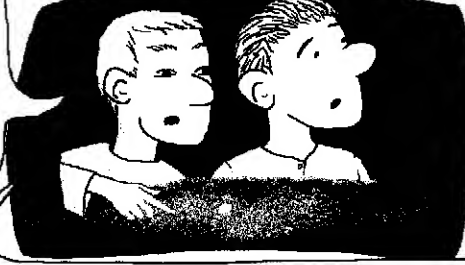
याचा अर्थ फारच  
थोडे तारे आपल्या  
जवळ म्हणजे शंभर  
हजार अब्ज  
कि. मी. च्या  
आत आहेत.

तू याला जवळ म्हणतोस?

जवळचे तारेसुद्धा सूर्यमालेच्या  
आकाराच्या हजारोपेक्षा लांब आहेत.

गॅलिलिओच्या दुर्बिणीमुळे मुख्यतः हे लक्षात आले, की नुसत्या डोळ्यांनी दिसतात त्यापेक्षा खूप जास्त तारे या आकाशात आहेत. १७००च्या मध्यात विल्यम हर्शेल या हौशी खगोलतज्ज्ञाने तारे आकाशात कसे विखुरलेले आहेत याचा अभ्यास केला. त्याचे निष्कर्ष फारच मनोरंजक होते.

तुला कल्पना आहे, आपल्या आकाशगंगेत १० अब्ज तारे असून ते एका चपट्या तबकडीच्या आकारात विखुरलेले आहेत आणि आपण त्याच्या मध्यात कुठेतरी आहोत.



मग ती अशी धुरकट पट्ट्यासारखी का दिसते?

सोपं आहे. जे तारे स्पष्ट दिसतात ते आपल्या जवळ सर्व बाजूंना आहेत. धुक्याच्या पट्ट्यासारखे दिसतात ते खूप लांबचे तारे आहेत. आणि ते या तबकडीच्या काठावर एखाद्या कड्यासारखे आपल्याभोवती आहेत.

आकाशगंगेचे ग्रीक नाव गॅलक्सी (दोर्घिका) हे रुढ झाले.

हर्शेलला आकाशगंगा किती मोठी आहे याची काहीच कल्पना नव्हती. सूर्यमाला आकाशगंगेच्या मध्यात आहे अशी त्याची चुकीची समजूत झाली होती. पण महत्वाची गोष्ट म्हणजे हर्शेलने आजपर्यंत ज्ञात असलेल्या विश्वाच्या विस्तृत रचनेची कल्पना दिली होती.

आकाशगंगा ही अजबबधो ताऱ्यांना धरलेला व तबकडीवजा असून सूर्य हा त्यातोच एक तारा आहे, हे विश्वाचे चित्र पुढील १५० वर्षे कायम होते.

१९व्या शतकात बीसेलला ताऱ्यांचा पराशय शोधण्यात यश मिळाले, तेव्हा पुन्हा एकदा विश्वाच्या आकाराचा प्रश्न ऐरणीवर आला.

दीर्घिकाचा आकार कसा काय शोधायचा?

पाहू या बरं. जर आपल्याला एकूण ताऱ्यांची संख्या आणि शेजारील दोन ताऱ्यांमधील सरासरी अंतर माहीत असेल तर.



हे अनुमान अगदीच ओबडधोबड होते. पण त्यामुळे विश्वाला मूर्त असा आकार प्राप्त झाला.

जर १० अब्ज तारे त्यांच्या सर्वात जवळच्या शेजाऱ्यांपासून ५ ते १० प्रकाशवर्षे दूर असतील तर....

या टोकापासून त्या टोकापर्यंत गॅलक्सीची (दीर्घिका) लांबी ५ ते १० हजार प्रकाशवर्षे एवढी असेल.

आणि १ ते २ प्रकाशवर्षे रुंद.

हे वेड्यासारखं आहे! तुम्ही जरा जास्तच सांगताय.

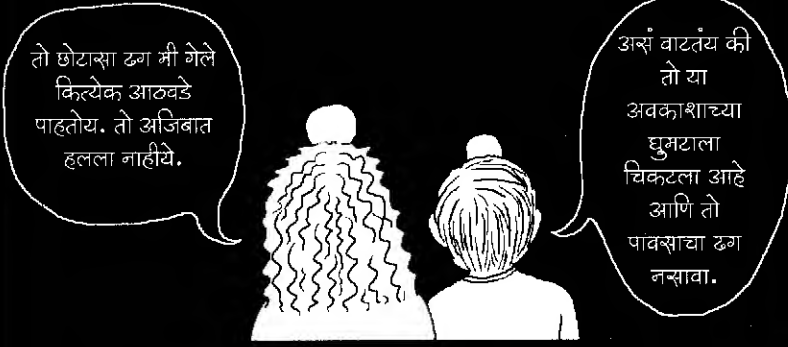
या उलट आधीचा अनुमानाचा काटा कर्माकडेच झुकत होता.

जास्त शक्तीशाली दुर्बिणी आणि अधिक नवे शोध यांनी आकाशगंगा त्याहून कितीतरी मोठी आहे हे दाखवून दिले.

सध्याच्या अनुमानानुसार आकाशगंगेत २००,०००,०००,००० तारे एका प्रचंड मोठ्या तबकडीच्या आकारात विखुरलेले आहेत. ती १००,००० प्रकाशवर्षे रुंद आणि मधोल फुगवटा १०,००० प्रकाशवर्षे जाडीचा आहे.

आणि आपली सूर्यमाला साधारण या तबकडीचा मध्य आणि कड यांच्यामध्ये आहे.

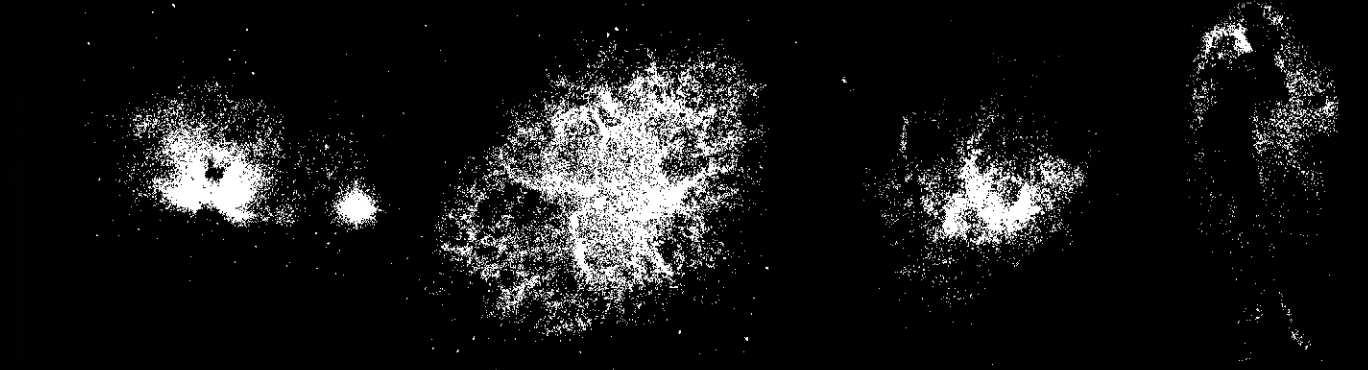
ग्रह, चंद्र, तारे, आकाशगंगा या शिवाय रात्रीच्या आकाशात काही धुक्यासारखे ठिपके दिसायचे त्यांना अभ्रिका (नेब्युला) म्हणत. (लॅटीनमध्ये नेब्युला म्हणजे ढग.)



दूरदर्शकांमुळेच (टेलिस्कोपमुळे) अभ्रिकांबद्दल अनेक गोष्टी समजल्या.



उत्तम दूरदर्शकातूनसुद्धा या अभ्रिका धुकट पुंजक्यांप्रमाणेच दिसत असत.



या अशा आहेत अत्याधुनिक दुर्बिणीतून दिसणाऱ्या काही अभ्रिका.

अभ्रिका ह्या नक्की काय होत्या? हा धुक्यासारखा वायू ताऱ्यांमध्ये काय करत होता? अभ्रिकेमुळे अनेक प्रश्न उभे राहिले, आणि अनेक सिद्धांत पुढे आले.



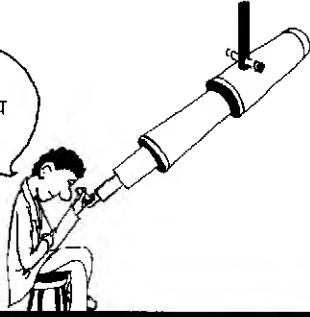
अभ्रिकांच्या आकारात, मापात, तेजस्वितेत खूप विविधता होती. पण या अंतराळातील ढगांमधून येणाऱ्या प्रकाशात आणि ताऱ्यांच्या प्रकाशात खूपच फरक होता.

पण याला एकच अपवाद होता.



देवयानी तारकासमूहात दिसणाऱ्या अभ्रिकेला 'देवयानी अभ्रिका' असे नाव पडले.

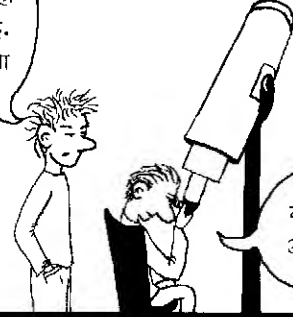
अरेऱ्या! मला यात एक कण दिसतोय. आश्चर्य आहे! कुणालाच कसा आधी दिसला नाही?



पण तो चिमुकला ठिपका थोड्याच काळात नाहीसा झाला.

मला तर काहीच दिसत नाहीये. हा साधा वायू आहे. तुला भास झाला असेल.

मग हा नोव्हा असावा का?



त्यापुढील दशकांमध्ये असे अनेक बदलते ठिपके देवयानी अभ्रिकेत प्रत्यक्ष बघितले गेले.

हे नोव्हे देवयानी अभ्रिकेच्या आतमध्ये आहेत का ते आपल्या दृष्टीच्या मार्गात अद्येमध्येच येतात?

हे शोधायला नक्कीच काहीतरी मार्ग असला पाहिजे.



हेबर कर्टिस या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने संपूर्ण आकाशात अस्तित्वात असलेल्या अभ्रिकांचा अभ्यास केला आणि निष्कर्ष काढला.

खूप सारे नोव्हे आकाशाच्या त्या एकाच लहान भागात आहेत.

ते नक्कीच देवयानी अभ्रिकेतले असणार.



नेहमीप्रमाणे अनेक प्रश्न उभे राहिले आणि अनेक सिद्धांत सुचवले गेले.

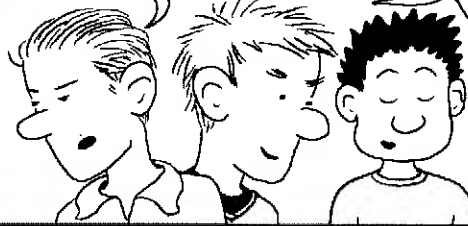
देवयानी अभ्रिका इतकी दूर आहे की त्यातले नोव्हे फिकट ताऱ्यापेक्षाही फिकट आहेत.

ते इतके फिकट कसे? ते नक्की नोव्हेच आहेत ना?

हे कसं शक्य आहे? तू म्हणतोस ते खरं असलं तर या अभ्रिका आपल्या विश्वाच्याही पलीकडे असायला हव्यात.

अभ्रिका जर इतक्या दूर असतील तर त्या धूलिकांचा ढग आहेत का ताऱ्यांचा दाट पुंजका आहेत हे समजणं कठीणच आहे.

तर्क पुरे, आता आपल्याला भक्कम पुरावा हवा.



१९१७ मध्ये एड्विन हबलने देवयानी अभ्रिका (अँड्रोमिडा नेब्युला) म्हणजे अतिफिकट ताऱ्यांचा प्रचंड मोठा पण दाट समूह असे वर्णन केले.

खात्रीने ती आकाशगंगेचा भाग असू शकत नाही कारण ती खूपच दूर आहे.

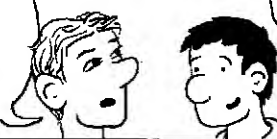
ही अभ्रिका स्वतःच एक दीर्घिका (गॅलक्सी) तर नसेल ना?



देवयानी अभ्रिका म्हणजे एक स्वतंत्र दीर्घिका आहे हा सिद्धांत बऱ्याच निरीक्षणांना लागू पडत होता.

हे विश्व आपल्या कल्पनेपेक्षा बरंच गुंतागुंतीच आहे.

आणि आपल्या कल्पनेच्या मर्यादेपेक्षा बरंच मोठ्ठेदेखील.



आपल्या आकाशगंगेसारखी देवयानी अभिका हीपण एक दीर्घिका आहे. याबद्दल मला काही शंकाच नाहीये.

मग आपण आतापासून तिला अभिका म्हणायचं थांबवून देवयानी दीर्घिका असंच का म्हणू नये?

अत्याधुनिक साधन आणि पद्धती वापरून शास्त्रज्ञांनी देवयानी अभिका ही आपल्या आकाशगंगेप्रमाणेच पण दुप्पट रंदीची दीर्घिका आहे हे दाखवून दिले. तेव्हापासून तिला देवयानी दीर्घिका हे नाव पडले.

१९५२ मध्ये अंदाज केला गेला की देवयानी दीर्घिका आपल्यापासून तब्बल २ दशलक्ष प्रकाशवर्षे इतकी दूर आहे.

हे अंतर इतकं मोठं आहे की त्यात २० दीर्घिका तरी सहज बसतील.

या विश्वाच्या पसऱ्याला काही मर्यादा आहे का नाही?

हे अतीच होतंय.

हे विश्व चक्रावून टाकणारं आहे.

दोन दीर्घिका एकमेकांपासून इतक्या लांब अंतरावर कशा? कदाचित खगोलशास्त्रज्ञांना याबद्दल जास्त माहिती असू शकेल.

तुला खरंच वाटतं आणखी दीर्घिका असतील?

मी खात्रीने सांगते, या विश्वात अशा अनेक गोष्टी दडलेल्या असतील.

थोड्याच दिवसांत अनेक दीर्घिका सापडल्या, याचे लोकांना काहीच आश्चर्य वाटले नाही.

मी काय म्हटलं होतं तुला?

हे वेड्यासारखं आहे. आपली आकाशगंगा म्हणजेच पूर्ण विश्व समजलं जायचं. आणि आता म्हणता की ती म्हणजे या दीर्घिकांच्या गर्दीतली एक आहे.

आता सध्या विश्वाचे चित्र नक्की कसे आहे?

या विश्वात सुमारे १००,०००,०००,००० (शंभर अब्ज) दीर्घिका पुंजक्यांच्या स्वरूपात विखुरलेल्या आहेत.

सर्वसाधारण आकाराच्या दीर्घिकेत १००,०००,०००,००० (शंभर अब्ज) तारे आहेत. आणि ती १००,००० प्रकाशवर्षे लांबीची आहे.

या विश्वाच्या पसऱ्याचा आकार साधारण २००,०००,०००,००० (दोनशे अब्ज) प्रकाशवर्षे इतका असावा असा अंदाज आहे.

एका पुंजक्यातील अभिकामध्ये खूप मोठी मोकळी जागा (अंतराळ) असते तसेच एका अभिकेतील ताऱ्यांमध्येही अंतराळ असते. म्हणजेच विश्वात खूप मोकळी जागा आहे. अंतराळ म्हणजे एक खूप मोठी मोकळी आहे.

हो... पण ही जागा खरंच मोकळी नाही कारण या विश्वाचा कोपरा न कोपरा मंद अशा प्रकाशाने ओतप्रोत भरलेला आहे.

हे वेड्यासारखेच मोठे आहे. हे एवढेच आहे का विश्व म्हणजे?

हो... आतापर्यंत तरी एवढेच!

कोणास ठाऊक? एक दिवस आपल्याला नवं काही सापडेल. या 'बहु दीर्घिकात्मक' विश्वाच्याही पलीकडे!

आपले या विश्वातले नक्की स्थान तरी कोणते? या अज्यावधो दीर्घिकांनी बनलेल्या ब्रह्मांडाच्या संदर्भात आपली आकाशगंगा, आपली सूर्यमाला, आपली पृथ्वी नक्की कुठे आहे?

आपल्या नजीकच्या ताऱ्यांनी रात्रीचं आकाश व्यापलेलं आपल्याला दिसतं. मला या सर्व ताऱ्यांपासून लांब दीर्घिकांच्याही पलीकडे जाऊन यथार्थ दृष्टीने हे विश्व पाहायचं आहे.

समजा, आपल्याला विश्वातल्या कोणत्याही ठिकाणी पोचण्याची क्षमता प्राप्त झाली तर आपण पृथ्वीपासून शक्य तितक्या दूर जाऊन पाहिल्यास काय बरे दिसेल? केवळ बारीक बारीक ठिपक्यांची गर्दी. हे तारे आहेत? की दीर्घिका आहेत? नक्की काय आहेत?



नाही. प्रत्येक चिमुकला ठिपका म्हणजे एक दीर्घिकांचा पुंजका आहे. सर्वसाधारण आकाराच्या पुंजक्यात हजारो दीर्घिका असतात. शंभर दशलक्षाहून जास्त पुंजके या अफाट अंतराळात पसरलेले आहेत.

1,000,000,000  
light years

चला पृथ्वीला शोधू या. समजा, आपण ज्या बाजूने आलो त्या बाजूने या दृश्यातला एक छोटसा तुकडा घेतला आणि त्या तुकड्याच्या खोलात जाऊन पाहिले तर आपल्याला स्वतंत्र दीर्घिका दिसू लागतील.

स्वात्रीने या दीर्घिकांमधली एक आपली आकाशगंगा असेल ना?

10,000,000  
light years

हो तर, चला आपल्या दीर्घिकेच्या आणखी जवळच्या भागात जाऊ या.

ओ हो! ही तर आपली आकाशगंगाच वाटतीय आणि ती तिकडे दिसतीये ती देवयानी दीर्घिका असावी.

100,000  
light years

आता आपल्या सूर्याला शोधू या. आपण परत आकाशगंगेतील सूर्यमालेच्या दिशेने त्या छोट्या भागाकडे जाऊ या.

फार काही स्पष्ट दिसत नाहीये. आणखी जवळ जायला हवं.

1000  
light years

आपल्या मुक्कामाच्या दिशेने आणखी एक पाऊल पुढे टाकू. आता तारे स्वतंत्रपणे दिसायला लागलेत बरं का!

पोचलो अन्वेरीस सूर्यजवळ! याच्या जवळ एक तारा दिसतोय. तो म्हणजे 'प्रॉक्सिमा सेंटॉरी'!

10 light years  
600,000 AU

खूप प्रवास झालाय आपला. पण घरी पोचायला अजून खूप प्रवास करावा लागेल.

आणखी जवळ गेलो तर आपल्या नजरेच्या टप्प्यात फक्त एकच तारा येईल, तो म्हणजे सूर्य.

तुला खात्री आहे हाच आपला सूर्य? मला तर त्याच्याभोवती एकही ग्रह फिरताना दिसत नाहीये.

0.1 light years  
6,000 AU

सूर्यमालेची रचना दिसायला आपल्याला आणखी आत जावे लागणार.

आता मला काही ठिपके दिसतायत.  
ते सर्वात बाहेरचे ग्रह असावेत.

60 AU

आता मात्र आपला ग्रह, ज्याला आपण आपले घर म्हणतो, तो शोधला पाहिजे. चला तर, आता एकदम सूर्यमालेतच उडी घेऊ या.

तो आपला शनी असावा, अन तो पुढच्या गुरू, तो चिमुकला मंगळ... आणि ती पहा आपली पृथ्वी!

0.6 AU  
100,000,000 km

आपली पृथ्वी सापडली आहे. आता बाकीचा प्रवास क्षुल्लकच आहे.

आता आपण बरंच जवळ आलोय तरी पृथ्वी ठिपक्यापेक्षा काही फार मोठी दिसत नाहीये. कल्पनाच करता येत नाही, आपण अवकाशात तरंगणाऱ्या एवढ्याशा लहान चेंडूवर राहतो!

1,000,000 km

खूपच जवळ आलो आहोत. आता वेळ झाली आहे....

चला, उतरू या आता!

10,000 km



एकेकाळी प्रकाशवर्ष हे एकक म्हणून वापरत होते. त्याचे महत्त्व आता थोडे कमी झाले आहे.

हे असं म्हणतायंत की विश्वाचा विस्तार १०,०००,०००,००० प्रकाशवर्षांपेक्षा जास्त आहे.

१०<sup>१०</sup> प्रकाशवर्ष म्हणजे १०<sup>२६</sup> मीटर असंच तुला म्हणायचंय ना?

तरी पण विश्वाचे चित्र रेखाटण्यात प्रकाशवर्ष विशेष भूमिका बजावते.

प्रकाशवर्षांत सांगितलेली अंतरे, प्रकाशाला ते अंतर पार करायला किती वेळ लागतो हे दर्शवतात. देवयानी आपल्यापासून २,०००,००० प्रकाशवर्षे दूर आहे.

म्हणजे मला आज दिसणारी देवयानी दीर्घिका २,०००,००० वर्षांपूर्वी कशी होती ते मी आज पाहतोय का?

बरोबर. हा इतका वेळ प्रकाशाला देवयानीपासून आपल्यापर्यंत पोचायला लागला.

अशी जर ती २,०००,००० वर्षांपूर्वी दिसत असेल तर ती आज कशी दिसत असेल?

बहुतेक फार काही वेगळी नसेल. दीर्घिका काही दशलक्ष वर्षे तरी बदलत नाहीत. पण नक्की कळायला काही मार्ग नाही.

जितके आपण दूरच्या आकाशाचे निरीक्षण करू तितके आपण भूतकाळात आणखी मागे जाऊ.

अवकाशातल्या त्या सर्वात लांबच्या वस्तू आहेत.

मग त्या सर्वात पुरातनही असतील.

या सर्वात दूरच्या वस्तूंना 'क्वेसार' असे म्हणतात. कदाचित ते म्हणजे विश्वातील नवीन जन्माला आलेल्या कमी वयाच्या दीर्घिका असतील. त्या खूपच लांब असल्यामुळे त्यांचा आकार खरेतर आपल्याला कळत नाही.

एक मात्र नक्की, हे क्वेसार दुर्बिणीतून दिसतात त्यापेक्षा प्रत्यक्षात खूपच वेगळे असावेत.

आणि कदाचित ते आता वेगळ्याच जागी असतील, कारण आपण आता जे बघतोय ते म्हणजे एक अब्ज वर्षांपूर्वीचे दृश्य!

आपल्या सध्याच्या ज्ञानानुसार सर्वात लांबचे क्वेसार हे विश्वाची सुरुवातीची स्थिती दर्शवतात. त्यांच्याही पलीकडे आपल्याला काहीच दिसत नसेल तर याचा अर्थ, त्या आधी कशाचेच अस्तित्व नसावे.

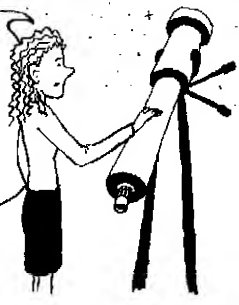
लक्षात येतंय ना?

ठीक आहे, पण कुणी सांगावं कदाचित कधीतरी....

खगोलशास्त्राने जर काही शिकवले असेल तर ते म्हणजे... कोणतेही सिद्धांत अंतिम नसतात.

४०० वर्षांपूर्वी जेव्हा गॅलिलिओने दूरदर्शकाचा वापर सुरू केला तेव्हापासून तो खगोलशास्त्राचा अविभाज्य भाग बनला आहे.

नुसत्या डोळ्यांनी बघण्यासारखे होतं ते केव्हाच बघून झालंय. आता दूरदर्शकानेच काही नवं दिसण्याची शक्यता आहे.



या दूरदर्शकातून जे दिसण्यासारखे होतं ते सारं माझं बघून झालंय. आता मला जास्त ताकदीचा दूरदर्शक हवाय.

सर्वात पहिले दूरदर्शक हे दोन भिंगांचे असत. यांना 'गॅलिलियन टेलिस्कोप' म्हणत.

मोठ्या भिंगाला पदार्थीय आणि लहानाला नेत्रिका म्हणतात.



पदार्थीय भिंग जेवढे मोठे तेवढा जास्त प्रकाश त्यातून जाऊ शकतो आणि तितक्या जास्त गोष्टी ते दाखवू शकते.

१७०० मध्ये विल्यम हर्शेलने ४० फूट लांबीचा दूरदर्शक तयार केला. त्याच्या पदार्थीय भिंगाचा व्यास ४ फूट होता.

गॅलिलियन टेलिस्कोपमध्ये काही अंगभूत दोष होते.

मोठी भिंगं घासून तयार करणं अवघड होतं. ती इतकी अवजड होत की हाताकणं अतिशय कठीण जाई.

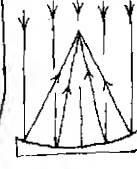
मला स्पष्ट प्रतिमा का दिसत नाहीये?



आणि त्यांच्या कडा नेहमी रंगीत आणि धुरकट का असतात?

प्रकाशाच्या स्वरूपाचा सखोल अभ्यास केल्यामुळे न्यूटनने दूरदर्शकात पदार्थीय भिंगाच्या जागी अंतर्गोल आरशाची योजना केली.

प्रकाश हा विविध रंगांचा बनलेला असल्यामुळे काचेच्या भिंगातून जातांना तो वेगवेगळ्या कोनातून वाकतो. त्यामुळे मोठ्या भिंगातून मिळणाऱ्या प्रतिमांच्या कडा रंगीत दिसतात.



आरसे भिंगांसारखेच काम करतात. ते प्रकाश केंद्रित करतात, भिंगांसारखा वेगवेगळ्या जागी नाही तर सर्व रंग एकाच जागी केंद्रित करतात.

आरशाचा फायदा असा की त्याचा एकच पृष्ठभाग घासावा लागे आणि ते भिंगाच्या तुलनेने खूपच हलके असत. हा परावर्ती दूरदर्शक (ज्याला न्यूटोनियन टेलिस्कोप असेही म्हणतात) अजूनही हौशी खगोल निरीक्षकांच्या आवडीचा आहे.

उत्तम दूरदर्शक तयार करणे हे खगोलतज्ज्ञांच्या पुढे असलेल्या आव्हानांपैकी एक होते. खगोलतज्ज्ञांना धूळ, वातावरणातील बदल यांचा सामना करावा लागे. ज्यामुळे त्यांच्या निरीक्षणाच्या क्षमतेवर मर्यादा येत.

आपला दूरदर्शक, या पिन्साट गर्दीपासून खूप दूर हिमालयावर नेऊ या.



या अवकाशाच्या अंतरंगात डोकवायला आपल्याला काय आपलं ऐहिक जीवन सोडून जावं लागेल का?

आज बऱ्याचशा वेधशाळा गावाबाहेरच्या डोंगर माथ्यावर आहेत.

हल्ली मात्र ब्रह्मांडाची स्वच्छ चित्रे मिळवण्यासाठी दूरदर्शक अवकाशातच स्थापन केले आहेत.

हुर्रुर्र... काय थंडी आहे इथे.

वाऱऱऱ! काय दृश्य आहे.



काही दूरदर्शक पृथ्वी प्रदक्षिणा करतात तर काही सूर्यमालेतून प्रवास करतात. प्रसिद्ध हबल टेलिस्कोप आणि कॉयंगर याने आपल्याला असंख्य माहितीपूर्ण आणि चित्तवेधक अशी चित्रे पाठवली आहेत.

जसजशी दूरदर्शकाची प्रगती होत गेली आणि आकाशाचे खोलातले तपशील उघड होत गेले तसतशी शास्त्रातली मोठी प्रगती होत गेली.

हे पहा, सूर्यप्रकाश अनेक रंगांचा बनला आहे. आणि लोलक त्यातले रंग वेगवेगळे करतो.

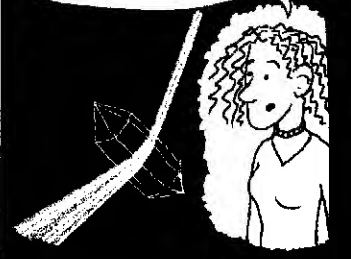


न्यूटनच्या १६६६ मधील शोधाचा खूप खोल अर्थ होतो.

आणि पुन्हा जर हे रंगांचे पट्टे एकत्र केले तर मूळचा पांढरा रंग परत मिळतो.

स्फटिकांमधून आरपार जाणारा प्रकाश बाहेर पडताना इंद्रधनुष्याप्रमाणे दिसतो हे पूर्वी माणसांना माहिती होते. पण त्यांना ती स्फटिकांची किमया वाटत असे.

काही म्हणा स्फटिक हे अद्भुतच असतात नाही?



न्यूटनच्या स्पष्टीकरणानंतर मात्र स्फटिकांवरून लोकांचे लक्ष प्रकाशावर केंद्रित झाले.

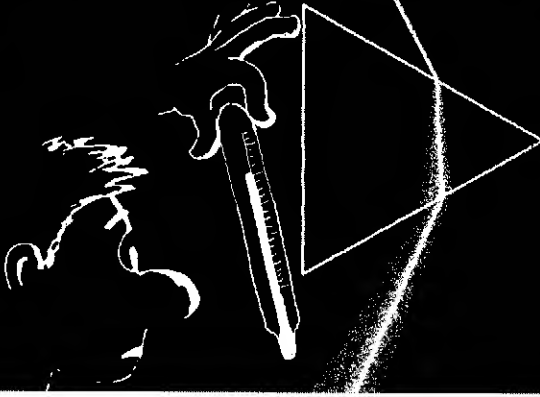
१८व्या शतकात, प्रकाशात इंद्रधनुष्यी रंगांशिवाय बरेच काही असते याचा शोध माणसांना लागला.

शास्त्रज्ञांनी अंधान्या खोलीत अनेक प्रयोग केले.

हे चमत्कारिकच आहे! सप्तरंगाच्या पट्ट्याजवळचा गडद भागही उष्णता देतो?

ओ! ही काय भुताटकी! या इंद्रधनुष्याचा पट्टे त्याच्या स्वतःपेक्षा बराच मोठा आहे.

मला माहिती आहे सच्य अर्थ. सूर्यप्रकाशातले काही रंग मागरी अदृश्य असू शकत नाहीत. लोकांजसे दृश्य रंग देखील असतो तसे अदृश्य रंगही तेवढे असले.



अदृश्य रंग धरून ह्या सर्व रंगांच्या मांडणीला वर्णपट असे म्हणतात.

या जांभळ्या रंगाच्या पलीकडच्या वर्णपटाला मी अतिनील (अल्ट्रा व्हायलेट) रंगपट्टा असे नाव देतो.

ठीक, लाल रंगाच्या अलीकडच्या अदृश्य पट्ट्याला अवरक्त (इन्फ्रारेड) असे म्हणू या.

V I B G Y O R  
जा पा नि हि पि ना ता



आधुनिक सिद्धांतानुसार प्रकाश हा लहरींचा बनलेला आहे. प्रत्येक रंगाच्या प्रकाशाची तरंगलांबी निरनिराळी असते. दृश्य वर्णपटामध्ये (इंद्रधनुष्यी रंग) लाल रंगाची तरंगलांबी सर्वाधिक असते तर जांभळ्या रंगाची कमीतकमी. अतिनील प्रकाशाची तरंगलांबी त्याहूनही कमी असते.

अवरक्त रंगाची तरंगलांबी लाल रंगाच्या तरंगलांबीपेक्षा मोठी असते.

आज आपल्याला माहीत आहे की विश्वातील प्रकाशाचा संपूर्ण वर्णपट अवरक्त आणि अतिनील रंगांच्या कितीतरी पलीकडे वाढत जातो. दृश्यप्रकाश म्हणजे त्याचा एक छोटासा भाग आहे.

सप्तरंगाप्रमाणेच वर्णपटाच्या अदृश्य असलेल्या विविध भागांना नावे दिलेली आहेत. क्ष-किरण, गॅमा किरण, मायक्रोलहरी, रेडिओलहरी इत्यादी.

१८३५ मध्ये ऑगस्ट कॉम्ट हा फ्रेंच तत्त्वज्ञ म्हणाला,

मानवाला कधीच सांगता येणार नाही, हे तारे कशाचे बनले आहेत ते.

लवकरच त्याचे म्हणणे खोटे ठरले.



१९व्या शतकात एका शोध मालिकेमुळे वर्णपटाचा अभ्यास खगोलशास्त्राच्या गाभ्यात जाऊन पोहोचला.

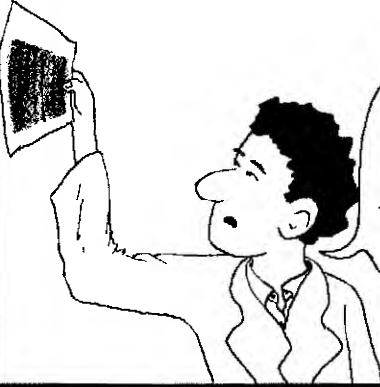
या मेगबत्तीचा प्रकाश जर मी लोलकातून सोडला तर त्यातून तयार होणारं इंद्रधनुष्य कसां दिसेल वरं?

या लाल-पांढऱ्या लोखंडाच्या कांबीतून येणाऱ्या प्रकाशाबद्दल काय वाटतंय?



वेगवेगळ्या सोतांमधून येणाऱ्या प्रकाशाचा अभ्यास केला गेला.

वेगवेगळे पदार्थ तापवल्यावर त्यातून वेगवेगळे वर्णपट मिळू लागल्यामुळे शास्त्रज्ञांमध्ये उत्साह संचारला. बऱ्याच अभ्यासानंतर ते प्रकाश उत्सर्जित करणारे पदार्थ फक्त वर्णपट पाहून ओळखू लागले.



हा एकतृतीयांश सोनं आणि दोन तृतीयांश चांदी वाटतोय. तुझं काय मत आहे?

या नव्या क्षमतेमुळे खगोलशास्त्रज्ञांना स्फुरण चढले.

वा! हे खरंच रोमहर्षक आहे! आपण ताऱ्यांचा वर्णपट बघू या का? त्यावरून हा कोणत्या मूलद्रव्यांचा प्रकाश आहे हे कदाचित कळू शकेल.



लवकरच या उत्साहाचे रूपांतर गाढ विश्वासात झाले.

आपण प्रत्यक्ष सूर्यापर्यंत जाऊन एक छोटासा तुकडा आणून त्याचं प्रयोगशाळेत पृथक्करण केलं तर त्यातून जे समजेल...



...ते सर्व केवळ त्याचा वर्णपट पाहूनही कळू शकेल.

हेलियम (तरंगणाऱ्या फुग्यात वापरतात) हे मूलद्रव्य सौर वर्णपटातून प्रथम शोधले गेले. मागाहून ते प्रयोगशाळेत वेगळे केले गेले.

ग्रह, तारे, अभ्रिका, दीर्घिका यांचे वर्णपट तपशीलवार अभ्यासले गेले.

तारे, अभ्रिका या कोणत्या पदार्थांनी बनलेल्या आहेत आणि ते पदार्थ जळल्यामुळे प्रकाश कसा निर्माण होतो याबाबत सिद्धांत तयार झाले.

वर्णपटशास्त्रामुळे खगोलशास्त्राचे लक्ष भौमितिक रचनेकडून विश्वातील भौतिक घटनाक्रमांकडे वळले. न्यूटनने अवकाशातले ग्रह कसे फिरतात आणि एकमेकांवर कसा प्रभाव टाकतात हे दाखवून दिले.

वर्णपटशास्त्रामुळे प्रत्येक अवकाशस्थ वस्तूंमध्ये चालणाऱ्या घडामोडींचा अभ्यास शक्य झाला.

आज खगोलशास्त्र भौतिकशास्त्राचीच एक शाखा म्हणून गणले जाते.

आधुनिक दुर्बिणी आपल्या प्रकाशाच्या सखोल ज्ञानावर आधारलेल्या असतात.

अंतराकातून मोठ्या प्रमाणावर विद्युतचुंबकीय प्रारण येत असते, त्यातला अत्यंत छोटा हिस्सा दृश्यप्रकाशाचा असतो.

मग या अदृश्य भागाचे एवढे काय महत्त्व?

वा! तो डोळ्यांना दिसत नसेल पण तरीही तो अस्तित्वात असतोच. तू कधी तुझ्या हाडांचा क्ष-किरणांनी फोटो काढला नाहीस वाटतं?

बहुतेक आधुनिक दुर्बिणी अदृश्य प्रकाश ग्रहण करतात. वर्णपटातल्या ज्या भागाचे चित्रण त्या करू शकतात त्याचे नाव त्यांना दिले जाते! अवरक्त दुर्बीण (इन्फ्रारेड टेलिस्कोप), रेडिओ दुर्बीण इ.

ही दुर्बीण आहे याची स्वात्री आहे का तुला?  
ही डिश अँटेनासारखी दिसते.

हो दिसतेय रेवरी, पण जर ती छोटी डबी उघडली तर आत विस्तृत नेत्रिका (आयपीएस) आणि इलेक्ट्रॉनिक नेत्रपटलसुद्धा दिसेल. ही प्रचंड बशीं म्हणजेच त्याचा पदार्थीय आरसा (ऑब्जेक्टिव्ह मिरर) आहे.

अदृश्य प्रकाशाचे छायाचित्र फिल्मवर घेता येते. आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक्सच्या साहाय्याने मानवी डोळ्यांपेक्षा जास्त संवेदनक्षम असलेले कृत्रिम नेत्रपटल तयार केले गेले आहेत.

डिजिटल कॅमेरा हे कृत्रिम नेत्रपटलाचेच एक उदाहरण. हा कृत्रिम नेत्रपटल अदृश्य प्रकाशासुद्धा ग्रहण करू शकतो.

टीव्हीचा रिमोट डिजिटल कॅमेऱ्याच्या दिशेने करा. पहा बरे, तुम्हांला काय दिसत आहे कॅमेऱ्याच्या डिस्प्लेवर?

दृश्यप्रकाश दुर्बिणीसाठी डोंगरमाथे उत्तम असतात तर रेडिओ दुर्बिणी खोलगट दऱ्यांमध्ये वसवलेल्या असतात. सभोवतालच्या डोंगरांमुळे अनावश्यक कृत्रिम स्रोतांच्या रेडिओ लहरी अडवल्या जातात.

मला ही जागा खूप आवडते, पण माझ्या मोबाईल फोनला इथे संदेश मिळत नाही.

बहुतेक वेळा अनेक रेडिओ दुर्बिणींचे समूह किंवा रांगा (ओळी) एकत्रितपणे आकाशाचे चित्रिकरण करत असतात.

दुर्बिणीचा समूह कशाला हवा?  
दहा दुर्बिणी दाखवू शकतात ते एक दुर्बीण नाही का दाखवू शकत?

रेडिओ दुर्बिणींची अचूकता, त्या जेवढे जास्त प्रारण ग्रहण करतील तेवढी जास्त असते. म्हणून जास्त डिश.

सर्वात मोठी एकच डिश दुर्बीण 'अरिसीबो', प्युर्टो रिको येथे वसवलेली आहे. ही डिश म्हणजे ३०५ मीटर रुंद सिमेंटचा वाडगा आहे. त्याची नेत्रिका तारांनी टांगलेली आहे.

आपण आपल्या विश्वातल्या सर्वात दूरच्या आणि सर्वात पुरातन वस्तू पाहिल्या आहेत. असे आपल्याला खात्रीने वाटते, मग आपण शोध घेतला नाही अशी एकतरी वस्तू राहिली आहे का ?

नक्कीच राहिली आहे. आपल्या सगळ्यात जवळच्या शेजारी तरी अजून नीट कुठे पाहिलाय आपण ?



खरोखरच अजून न शोधलेल्या अनंत गोष्टी आहेत. सध्या चालू असलेल्या अवकाश संशोधनाच्या कार्यक्रमात अशा असंख्य विषयांची यादी आहे.

आपले कुतूहल शमवणं, या विश्वात अजून कायकाय आहे ते जाणून घेणं, हे यात अद्यक्रमावर आहे.

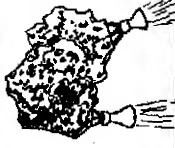
शिवाय आणखीन अनेक व्यावहारिक उपयोगाच्या गोष्टीही आपल्याला कराव्या लागणार आहेत.



सर्वात मोठे काम म्हणजे पृथ्वीला विनाशापासून वाचवणे.

एखादा मोठा अशनी कधीतरी पृथ्वीवर धडकण्याची धूसर शक्यता आहे. असं झालं तर पृथ्वीवरचं जीवन नष्ट होईल.

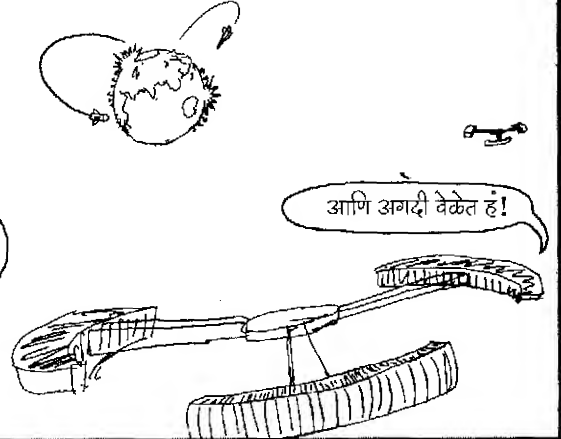
अशा शक्यतेची आपल्याला पूर्वसूचना मिळाली तर आपण त्याचा मार्ग बदलू शकू.



माणसामुळेच पृथ्वीवरील जीवन नष्ट होण्याची शक्यता आहे. काही लोकांना वाटते की अवकाशात नवी वस्ती केली तरच मानव जातीचे अस्तित्व टिकेल.

हे काही इतकं सोपं नव्हतं पण कष्टाचं चीज झालं खरं!

आणि अगदी वेक्रेत हं!



जीवसृष्टी फक्त पृथ्वीवरच वास करते असे मानणे हे भाबडेपणाचे आणि अहंमन्यतेचे होईल. परग्रहावरच्या जिवांना भेटायला आपल्याला खूप लांबचा प्रवास करावा लागेल.

...आम्ही संपर्क साधतोय... पुन्हा सांगतो... आम्ही संपर्क साधतोय... ओव्हर.



इगुफ्रुझ...मोरईSS... इगुफ्रुझ ३... फिननन!

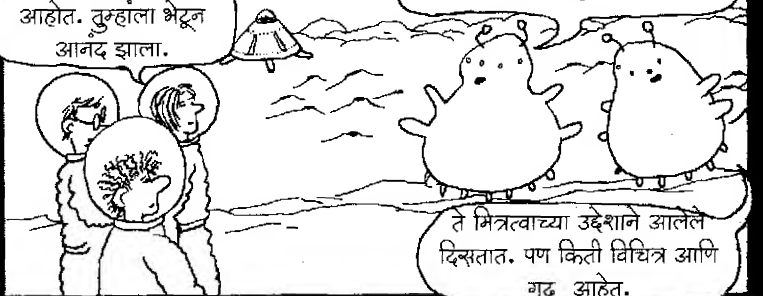


दूरच्या अवकाशायात्रा, परग्रहावरच्या जिवांचा शोध घेणे आणि विश्वाबद्दल माहिती मिळवणे यातून आपली ज्ञानाची क्षितिजे नक्कीच विस्तारणार आहेत.

आम्ही पृथ्वीवासी आहोत. तुम्हांला भेटून आनंद झाला.

रेगो, तुंबरोबर होतास. झुरकाच्या बाहेर जीवसृष्टी आहे.

ते मित्रत्वाच्या उद्देशाने आलेले दिसतात. पण किती विचित्र आणि गूढ आहेत.







# कथा खगोलशास्त्राची

खगोलशास्त्राचा रंजक इतिहास

सर्व तारे एका ठरावीक रचनेतच फिरतात का ?  
आणि ग्रहांचे काय ? ते का भटकतात ?  
पृथ्वी जर गोल आहे, तर ती इतकी सपाट का भासते ?  
प्रकाशाप्रमाणेच सूर्य गुरुत्वाकर्षणही उत्सर्जित करतो का ?  
पराशय म्हणजे काय ?  
आणि त्याचा उपयोग अवकाशातील अंतरे मोजण्यास कसा होतो ?

खरेतर, खगोलशास्त्र हा विषय खूपच विस्तृत आहे.  
या क्षेत्रातले आपले ज्ञान काही एका रात्रीत मिळवलेले नाही,  
तर ते हजारो वर्षांच्या उत्क्रांतीचे फलित आहे.  
खगोलशास्त्राच्या इतिहासाचा हा कालावधी  
संपूर्ण मानवजातीच्या इतिहासाइतकाच मोठा आहे.

हे पुस्तक म्हणजे खगोलशास्त्राची माहिती देणारी चित्रकथा नव्हे,  
तर त्याची उत्क्रांती गोष्टीरूपात सांगण्याचा एक प्रयत्न आहे.

ज्योत्स्ना प्रकाशन

[www.jyotsnaprakashan.com](http://www.jyotsnaprakashan.com)



₹ ७५/-